

# **ANÁLISIS ECONÓMICO Y COMPARATIVO DE LA PRODUCCIÓN DE AGUA DULCE MEDIANTE UN GENERADOR A BORDO DE UN BUQUE MERCANTE**

**AUTORA: EL GHACHAOUI BOULBEN, SOUMAYA**

**DIRECTOR: VELASQUEZ CORREA, SERGIO IVAN**

**FACULTAD NÁUTICA DE BARCELONA, UPC**

**05/04/2013**



# ÍNDICE

OBJETIVO .....	9
INTRODUCCIÓN .....	11
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DEL MERCADO ACTUAL DEL SUMINISTRO DE AGUA POR PARTE DE LOS PUERTOS ESPAÑOLES.....	13
1. ENFOQUE DEL ANÁLISIS .....	14
2. DEMANDA DE AGUA POR BUQUES MERCANTES, EN LOS PUERTOS DE LA COSTA ESPAÑOLA.....	15
3. PRECIO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN LOS PUERTOS DE LA COSTA ESPAÑOLA .....	24
3.1. PRECIO ESTANDARIZADO DEL SUMINISTRO DE AGUA.....	35
4.GASTO MEDIO DE AGUA POTABLE EN LOS BUQUES MERCANTES .....	37
4.1. TRIPULACIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD QUE SE EXIGE A BORDO DE UN BUQUE.....	37
4.1.1 PRIMERA CLASIFICACIÓN PARA ESTABLECER UNA TRIPULACIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD A BORDO .....	43
4.1.2. SEGUNDA CLASIFICACIÓN PARA ESTABLECER UNA TRIPULACIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD A BORDO .....	50
4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA CALCULAR EL NÚMERO MÍNIMO DE TRIPULANTES EN FUNCIÓN DE UN ÚNICO CRITERIO.....	52
4.2.1.OBTENCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO .....	52
▪ Espacio dedicado al combustible .....	54
▪ Espacio dedicado al agua.....	56
▪ Cálculo del desplazamiento estimado .....	57

▪ Potencia necesaria para propulsar cada desplazamiento .....	60
▪ Tripulación mínima en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque.....	70
5. CONSUMO DIARIO DE AGUA EN UN BUQUE.....	73
5.1. CONSUMO DE AGUA EN UN BUQUE PRODUCIDO POR ACTIVIDADES HUMANAS.....	73
5.2. CONSUMO DE AGUA EN UN BUQUE PRODUCIDO POR LA MAQUINARIA A BORDO.....	75
▪ Depuradoras.....	75
▪ Circuito de vapor .....	78
5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA.....	80
6. DATOS CONCLUYENTES DEL PRIMER ANÁLISIS.....	82
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DEL GENERADOR DE AGUA DULCE INSTALADO A BORDO DE UN BUQUE MERCANTE.....	84
7. ESTUDIO DESCRIPTIVO Y ANALÍTICO DE UN GENERADOR DE AGUA DULCE POR DESTILACIÓN.....	85
7.1. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO INTERNO.....	87
▪ El circuito de agua caliente, proveniente de los cilindros del motor .....	89
▪ El circuito de agua salada bombeada del mar .....	91
▪ El circuito de agua destilada producida por el generador .....	93
7.2. ELEMENTOS QUE CONSUMEN ENERGÍA .....	94
▪ Circuito de agua salada.....	94
▪ Circuito de agua destilada .....	95
7.3. PROCESADO DE LAS ECUACIONES PARA CONOCER LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS.....	95
▪ Evaporador .....	96



▪ Condensador .....	97
▪ Ecuaciones .....	99
8. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS CAUDALES.....	101
8.1. DATOS DEL EVAPORADOR .....	101
▪ Extracción de datos para el cálculo del caudal de agua salada.....	105
▪ Extracción de datos para el cálculo del caudal de vapor generado .....	106
8.2. DATOS DEL CONDENSADOR.....	107
▪ Extracción de los datos para el cálculo del calor transferido al agua salada.....	109
▪ Extracción de los datos para el cálculo del caudal de agua salada.....	111
9. CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUA SALADA EN EL GENERADOR.....	113
9.1. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_{1(AS)} = 2^{\circ}\text{C}$ .....	114
9.2. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_{1(AS)} = 7^{\circ}\text{C}$ .....	117
9.3. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_1 = 13^{\circ}\text{C}$ .....	120
9.4. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_1 = 22^{\circ}\text{C}$ .....	123
9.5. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_1 = 28^{\circ}\text{C}$ .....	126
10. BOMBAS PARA ABASTECER EL CAUDAL DE AGUA SALADA.....	129
10.1. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 2^{\circ}\text{C}$ .....	129
10.2. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 7^{\circ}\text{C}$ .....	130
10.3. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 13^{\circ}\text{C}$ .....	130
10.4. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 22^{\circ}\text{C}$ .....	131
10.5. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 28^{\circ}\text{C}$ .....	131
11. BOMBAS PARA ABASTECER EL CAUDAL DE AGUA DULCE PRODUCIDA POR EL GENERADOR .....	133

12. CONSUMO ECONÓMICO PRODUCIDO POR LAS BOMBAS DEL SISTEMA DE DESTILACIÓN.....	135
12.1. PRECIO DEL KILOVATIO A BORDO DE UN BUQUE.....	135
12.2. PRECIO DEL COMBUSTIBLE .....	136
12.3. PRECIO CORRESPONDIENTE AL CONSUMO DE LAS BOMBAS SELECCIONADAS.....	139
13. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO.....	141
13.1. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=2^{\circ}\text{C}$ .....	143
▪ Repercusión económica.....	144
13.2. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=7^{\circ}\text{C}$ .....	145
▪ Repercusión económica.....	146
13.3. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=13^{\circ}\text{C}$ .....	147
▪ Repercusión económica.....	148
13.4. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=22^{\circ}\text{C}$ .....	149
▪ Repercusión económica.....	150
13.5. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=28^{\circ}\text{C}$ .....	151
▪ Repercusión económica.....	152
14. DATOS CONSLUYENTES DEL SEGUNDO ANÁLISIS.....	154
15. PRECIO ESTIMADO DE LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA.....	155
▪ Generador de agua dulce .....	155
▪ Bomba de agua salada .....	156
▪ Bomba de agua dulce.....	157
▪ Tuberías del sistema.....	158
CAPÍTULO 3: CONCLUSIONES.....	160
ANEXOS.....	164

ANEXO A: ORDEN MINISTERIAL DEL 14 DE JULIO DE 1964.....	165
ANEXO B: CONVENIO INTERNACIONAL SOBRE EL ARQUEO DE BUQUES .....	170
ANEXO C: DEPURADORAS.....	174
ANEXO D: GENERADOR DE AGUA DULCE AQUAMAR .....	179
ANEXO E: BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA DULCE Y SALADA .....	193
ANEXO F: GENERADORES ELÉCTRICOS .....	199
ÍNDICE DE TABLAS.....	213
ÍNDICE DE ESTADÍSTICAS .....	221
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	222
BIBLIOGRAFÍA .....	223



## **OBJETIVO**

Con este proyecto se pretende demostrar que, mediante los cálculos necesarios de un generador de agua dulce convencional utilizado en los buques mercantes, se permite ahorrar en el aprovisionamiento de agua potable en las flotas.

Mediante diversos análisis se pretende recopilar la información necesaria con respecto al suministro de este recurso, de tal manera que se podrá conocer la situación actual del mercado del suministro de agua a los buques, en los puertos de la costa española. Los datos a obtener en este análisis son los siguientes:


- A.** La demanda de agua existente en los puertos españoles por parte de los buques mercantes.
- B.** El precio por suministrar esta agua.
- C.** El consumo existente dentro del buque.
- D.** La repercusión económica que representa para un buque mercante el aprovisionarse de agua en función del consumo obtenido.

Para el generador de agua que se plantea como solución técnica, se obtendrán otros datos, tomando como referencia los obtenidos del análisis del mercado actual:

- A.** El coste por la generación de agua.
- B.** La capacidad de producción.

Respecto a la relación coste beneficio se espera demostrar un resultado positivo de acuerdo con la información obtenida al considerar que:

- A.** El coste por la generación de agua; **menor a:**
- B.** El precio por suministrar esta agua.
- D.** La repercusión económica que representa para un buque mercante el aprovisionarse de agua en función del consumo obtenido.



B. La capacidad de producción; **mayor a:**

C. El consumo existente dentro del buque.

Una vez demostrada la hipótesis se podrá valorar la posibilidad de estudiar y analizar un potencial mercado orientado a generar y suministrar agua en la mar, con la posibilidad de facilitar la provisión de este recurso necesario, pero que es escaso en muchas partes del mundo o que puede alcanzar un precio tan alto, que justifica el empleo de tecnologías alternativas para su obtención a bordo de un buque.



## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente la preocupación por la escasez de agua potable en el mundo está tomando gran relevancia en los diferentes foros medioambientales y de gobernanza mundial, en consecuencia hay una intensiva búsqueda de nuevas alternativas para su producción y constantemente se plantean nuevos e innovadores desarrollos o diseños que procuran su abastecimiento, recuperación y aprovechamiento.

En el mundo marino existe un diseño de producción presente en muchos buques mercantes. El principio de funcionamiento de éste, es la destilación del agua salada proveniente del mar, proceso que se realiza aprovechando el calor desprendido en los cilindros del motor causado por la combustión y que normalmente es entregado al medio ambiente.

La comparación económica de la producción del agua a bordo, con respecto al agua que se vende en el puerto para el reabastecimiento del agua potable de los buques, es la idea central del presente proyecto, esperando un resultado positivo en cuanto a la obtención de una reducción en el precio debido a la producción a bordo, ya que los excedentes energéticos y las pérdidas por calor de la energía principal con la que se trabaja normalmente, son desechados por la imposibilidad de su aprovechamiento mecánico. A este respecto se puede afirmar que el coste de esta energía desechada es nulo, lo que hace posible demostrar la hipótesis de aprovechamiento energético propuesta.







# CAPÍTULO 1

---

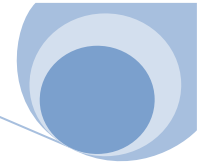
## ANÁLISIS DEL MERCADO ACTUAL DEL SUMINISTRO DE AGUA POR PARTE DE LOS PUERTOS ESPAÑOLES

---



## 1. **ENFOQUE DEL ANÁLISIS**

El estudio a realizar para este análisis está centrado a buques mercantes y no se incluyen los de pasaje. Esto se debe a que el consumo de agua a bordo de un crucero es muy variable, ya que las personas que embarcan en él no es un número que pueda establecerse como fijo sino que depende del tipo, tamaño y destino que vaya a realizar. Para asegurar la obtención de datos fiables únicamente se tendrán en cuenta los buques mercantes encargados de transportar mercancías sin tener en cuenta el tipo de éstas.



## **2. DEMANDA DE AGUA POR BUQUES MERCANTES, EN LOS PUERTOS DE LA COSTA ESPAÑOLA**

Un dato importante a conocer para realizar el análisis de la situación actual de este mercado, es la demanda de agua que hay por parte de los buques mercantes que atracan en puerto.

Este dato se conocerá mediante el manejo de la información sobre todos los puertos de la costa española; ésta se encuentra clasificada anual o mensualmente mediante estadísticas realizadas y publicadas en la página oficial del Gobierno de España y Ministerio de Fomento (M.F.).

Las estadísticas se encuentran catalogadas en varios tipos, en este caso se van a utilizar las que hacen alusión al tráfico portuario. Las que dan a conocer las toneladas de agua demandadas por cada buque en un año son tres:

- (A) Buques mercantes atracados en cada puerto
- (B) Cruceros atracados en cada puerto
- (C) Avituallamientos

Todas ellas clasifican la información de manera anual referente al año 2009.

La primera estadística (A), indica cuántos buques mercantes atracaron en 2009 en cada Autoridad Portuaria española. Este dato es el de todos los buques mercantes, así que también se incluyen los buques de pasaje, por ello ha sido necesario conocer la estadística de los cruceros atracados en cada puerto español (B). En consecuencia se ha restado el número de cruceros a la primera estadística para poder obtener cuántos buques mercantes sin pasaje atracaron en cada puerto.



**Estadística (M.F.) 1: Número de buques mercantes (A) y de cruceros (B), atracados en 2009 en cada autoridad portuaria.**

*Fuente: [www.puertos.es/estadisticas/estadistica\\_historica/index.html](http://www.puertos.es/estadisticas/estadistica_historica/index.html)*

AUTORIDAD PORTUARIA	(A) MERCANTES	(B) CRUCEROS
A Coruña	1.393	58
Alicante	957	61
Almería	2.008	55
Avilés	700	0
Bahía de Algeciras	24.853	0
Bahía de Cádiz	1.691	225
Baleares	7.884	641
Barcelona	8.410	796
Bilbao	3.042	30
Cartagena	1.416	49
Castellón	1.231	0
Ceuta	12.485	10
Ferrol-S. Cibrao	1.108	3
Gijón	1.015	7
Huelva	1.530	2
Las Palmas	10.395	381
Málaga	1.806	302
Marín y Ría de Pontevedra	913	1
Melilla	1.244	0
Motril	337	17
Pasajes	943	0
Santa Cruz de Tenerife	15.483	349
Santander	1.252	8
Sevilla	1.243	99
Tarragona	3.058	11
Valencia	6.806	143
Vigo	2.124	102
Vilagarcía	301	14
<b>TOTAL</b>	<b>115.628</b>	<b>3.364</b>



**Tabla. 1: Número de buques mercantes descontando los cruceros en cada autoridad portuaria el año 2009.**

AUTORIDAD PORTUARIA	MERCANTES SIN PASAJE
A Coruña	1.335
Alicante	896
Almería	1.953
Avilés	700
Bahía de Algeciras	24.853
Bahía de Cádiz	1.466
Baleares	7.243
Barcelona	7.614
Bilbao	3.012
Cartagena	1.367
Castellón	1.231
Ceuta	12.475
Ferrol-S. Cibrao	1.105
Gijón	1.008
Huelva	1.528
Las Palmas	10.014
Málaga	1.504
Marín y Ría de Pontevedra	912
Melilla	1.244
Motril	320
Pasajes	943
Santa Cruz de Tenerife	15.134
Santander	1.244
Sevilla	1.144
Tarragona	3.047
Valencia	6.663
Vigo	2.022
Vilagarcía	287
<b>TOTAL</b>	<b>112.264</b>

La tercera estadística hace referencia a los avituallamientos (C), donde se indican las mercancías que corresponden a las vituallas necesarias para el aprovisionamiento de los buques (combustible, líquidos, agua, hielo, etc.). En la misma página del Ministerio de Fomento se afirma que estos datos sólo hacen referencia a los buques mercantes (incluidos los de pasaje), es decir, las embarcaciones de recreo no forman parte de estos datos.



Los avituallamientos facilitados en las estadísticas son también anuales e informan de cuantas toneladas de agua se suministraron a todos los buques mercantes durante ese año.

**Estadística (M.F.) 2: Avituallamientos suministrados por cada autoridad portuaria en 2009.**

*Fuente: [www.puertos.es/estadisticas/estadistica\\_historica/index.html](http://www.puertos.es/estadisticas/estadistica_historica/index.html)*

AUTORIDAD PORTUARIA	MERCANTES	AGUA (ton)
A Coruña	1.393	26.101
Alicante	957	14.865
Almería	2.008	70.337
Avilés	700	16.154
Bahía de Algeciras	24.853	162.800
Bahía de Cádiz	1.691	110.501
Baleares	7.884	164.208
Barcelona	8.410	306.693
Bilbao	3.042	0
Cartagena	1.416	40.172
Castellón	1.231	19.740
Ceuta	12.485	27.998
Ferrol-S. Cibrao	1.108	8.877
Gijón	1.015	16.282
Huelva	1.530	25.487
Las Palmas	10.395	259.433
Málaga	1.806	75.101
Marín y Ría de Pontevedra	913	12.409
Melilla	1.244	24.025
Motril	337	11.160
Pasajes	943	11.306
Santa Cruz de Tenerife	15.483	40.816
Santander	1.252	27.692
Sevilla	1.243	137.675
Tarragona	3.058	53.195
Valencia	6.806	103.996
Vigo	2.124	47.093
Vilagarcía	301	4.842
<b>TOTAL</b>	<b>115.628</b>	<b>1.818.958</b>

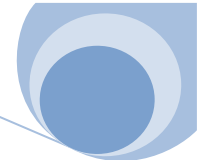


Dividiendo las toneladas totales de agua entre el número de barcos atracados se obtiene:

**Tabla. 2: Toneladas de agua suministradas por buque en cada autoridad portuaria en 2009.**

AUTORIDAD PORTUARIA	ton/buque
A Coruña	18,74
Alicante	15,53
Almería	35,03
Avilés	23,08
Bahía de Algeciras	6,55
Bahía de Cádiz	65,35
Baleares	20,83
Barcelona	36,47
Bilbao	0,00
Cartagena	28,37
Castellón	16,04
Ceuta	2,24
Ferrol-S. Cibrao	8,01
Gijón	16,04
Huelva	16,66
Las Palmas	24,96
Málaga	41,58
Marín y Ría de Pontevedra	13,59
Melilla	19,31
Motril	33,12
Pasajes	11,99
Santa Cruz de Tenerife	2,64
Santander	22,12
Sevilla	110,76
Tarragona	17,40
Valencia	15,28
Vigo	22,17
Vilagarcía	16,09
<b>TOTAL</b>	<b>659,93</b>

El dato final obtenido es de aproximadamente 700 toneladas de agua por buque mercante atracado en un puerto español durante el año 2009. El problema de este dato es que también incluye a los cruceros que también necesitaron aprovisionarse de agua en estos puertos. Así pues, se ha de calcular cuánta agua suministrada pertenecería, únicamente, a los buques mercantes de carga sin pasaje.



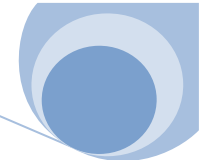
Para conseguirlo el proceso ha seguir ha sido el siguiente:

En primer lugar, se ha calculado qué porcentaje de cruceros corresponde al total de buques mercantes mediante la información facilitada en la *Estadística (M.F.) 1: Número de buques mercantes (A) y de cruceros (B), atracados en 2009 en cada autoridad portuaria*.

**Tabla. 3: Porcentaje de cruceros, con respecto a buques mercantes, atracados en 2009 en cada autoridad portuaria.**

AUTORIDAD PORTUARIA	TODOS LOS MERCANTES	CRUCEROS	% CRUCEROS
A Coruña	1.393	58	4,16%
Alicante	957	61	6,37%
Almería	2.008	55	2,74%
Avilés	700	0	0,00%
Bahía de Algeciras	24.853	0	0,00%
Bahía de Cádiz	1.691	225	13,31%
Baleares	7.884	641	8,13%
Barcelona	8.410	796	9,46%
Bilbao	3.042	30	0,99%
Cartagena	1.416	49	3,46%
Castellón	1.231	0	0,00%
Ceuta	12.485	10	0,08%
Ferrol-S. Cibrao	1.108	3	0,27%
Gijón	1.015	7	0,69%
Huelva	1.530	2	0,13%
Las Palmas	10.395	381	3,67%
Málaga	1.806	302	16,72%
Marín y Ría de Pontevedra	913	1	0,11%
Melilla	1.244	0	0,00%
Motril	337	17	5,04%
Pasajes	943	0	0,00%
Santa Cruz de Tenerife	15.483	349	2,25%
Santander	1.252	8	0,64%
Sevilla	1.243	99	7,96%
Tarragona	3.058	11	0,36%
Valencia	6.806	143	2,10%
Vigo	2.124	102	4,80%
Vilagarcía	301	14	4,65%





En segundo lugar, se ha restado este porcentaje al total del agua suministrada en cada puerto, quedando sólo el agua que correspondería a los mercantes sin pasaje:

**Tabla. 4: Toneladas de agua total suministradas a buques mercantes, sin pasaje, atracados en cada autoridad portuaria.**

AUTORIDAD PORTUARIA	% CRUCEROS	AGUA (ton)	AGUA SIN % CRUCEROS (ton)
A Coruña	4,16	26.101	<b>25.014</b>
Alicante	6,37	14.865	<b>13.917</b>
Almería	2,74	70.337	<b>68.410</b>
Avilés	0,00	16.154	<b>16.154</b>
Bahía de Algeciras	0,00	162.800	<b>162.800</b>
Bahía de Cádiz	13,31	110.501	<b>95.798</b>
Baleares	8,13	164.208	<b>150.857</b>
Barcelona	9,46	306.693	<b>277.665</b>
Bilbao	0,99	0	<b>0</b>
Cartagena	3,46	40.172	<b>38.782</b>
Castellón	0,00	19.740	<b>19.740</b>
Ceuta	0,08	27.998	<b>27.976</b>
Ferrol-S. Cibrao	0,27	8.877	<b>8.853</b>
Gijón	0,69	16.282	<b>16.170</b>
Huelva	0,13	25.487	<b>25.454</b>
Las Palmas	3,67	259.433	<b>249.924</b>
Málaga	16,72	75.101	<b>62.543</b>
Marín y Ría de Pontevedra	0,11	12.409	<b>12.395</b>
Melilla	0,00	24.025	<b>24.025</b>
Motril	5,04	11.160	<b>10.597</b>
Pasajes	0,00	11.306	<b>11.306</b>
Santa Cruz de Tenerife	2,25	40.816	<b>39.896</b>
Santander	0,64	27.692	<b>27.515</b>
Sevilla	7,96	137.675	<b>126.710</b>
Tarragona	0,36	53.195	<b>53.004</b>
Valencia	2,10	103.996	<b>101.811</b>
Vigo	4,80	47.093	<b>44.831</b>
Vilagarcía	4,65	4.842	<b>4.617</b>

En tercer lugar y por último, se ha dividido el agua resultante sólo para buques sin pasaje, entre el número de éstos, quedando así las toneladas que corresponden por buque (sin pasaje):



**Tabla. 5: Toneladas de agua anuales por buque mercante sin pasaje.**

AUTORIDAD PORTUARIA	AGUA SIN % CRUCEROS (ton)	MERCANTES SIN PASAJE	ton/buque
A Coruña	25.014	1.335	18,74
Alicante	13.917	896	15,53
Almería	68.410	1.953	35,03
Avilés	16.154	700	23,08
Bahía de Algeciras	162.800	24.853	6,55
Bahía de Cádiz	95.798	1.466	65,35
Baleares	150.857	7.243	20,83
Barcelona	277.665	7.614	36,47
Bilbao	0	3.012	0,00
Cartagena	38.782	1.367	28,37
Castellón	19.740	1.231	16,04
Ceuta	27.976	12.475	2,24
Ferrol-S. Cibrao	8.853	1.105	8,01
Gijón	16.170	1.008	16,04
Huelva	25.454	1.528	16,66
Las Palmas	249.924	10.014	24,96
Málaga	62.543	1.504	41,58
Marín y Ría de Pontevedra	12.395	912	13,59
Melilla	24.025	1.244	19,31
Motril	10.597	320	33,12
Pasajes	11.306	943	11,99
Santa Cruz de Tenerife	39.896	15.134	2,64
Santander	27.515	1.244	22,12
Sevilla	126.710	1.144	110,76
Tarragona	53.004	3.047	17,40
Valencia	101.811	6.663	15,28
Vigo	44.831	2.022	22,17
Vilagarcía	4.617	287	16,09
		<b>TOTAL</b>	<b>659,93</b>

Mediante estos datos se puede concluir que el suministro de agua total en 2009 por parte de todos los puertos españoles fue de aproximadamente 660 ton/buque, equivalente a **660.000 L/buque/año**.

El resultado obtenido es anual, pero sería interesante conocer a una escala menor cual es el suministro de agua por buque.



Se realizará para una semana haciendo referencia a buques cuya ruta no es muy extensa y que han de repostar más a menudo; y para un mes en el caso de buques que navegan un periodo de tiempo más largo.

**Tabla. 6: Litros mensuales y semanales de agua por buque mercante sin pasaje.**

AUTORIDAD PORTUARIA	AGUA SIN % CRUCEROS (ton)	L/buque/mes	L/buque/semana
A Coruña	25.014	1.561	360
Alicante	13.917	1.294	299
Almería	68.410	2.919	674
Avilés	16.154	1.923	444
Bahía de Algeciras	162.800	546	126
Bahía de Cádiz	95.798	5.446	1.257
Baleares	150.857	1.736	401
Barcelona	277.665	3.039	701
Bilbao	0	0	0
Cartagena	38.782	2.364	546
Castellón	19.740	1.336	308
Ceuta	27.976	187	43
Ferrol-S. Cibrao	8.853	668	154
Gijón	16.170	1.337	308
Huelva	25.454	1.388	320
Las Palmas	249.924	2.080	480
Málaga	62.543	3.465	800
Marín y Ría de Pontevedra	12.395	1.133	261
Melilla	24.025	1.609	371
Motril	10.597	2.760	637
Pasajes	11.306	999	231
Santa Cruz de Tenerife	39.896	220	51
Santander	27.515	1.843	425
Sevilla	126.710	9.230	2.130
Tarragona	53.004	1.450	335
Valencia	101.811	1.273	294
Vigo	44.831	1.848	426
Vilagarcía	4.617	1.341	309
<b>TOTAL</b>		<b>54.994</b>	<b>12.691</b>

El suministro de agua medio por parte de las autoridades portuarias españolas es de **54.994 litros** para cada barco en un **mes** y **12.692 litros** para cada barco en una **semana**.



### 3. PRECIO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN LOS PUERTOS DE LA COSTA ESPAÑOLA

Por consiguiente hay que conocer el precio de esta agua para saber cómo repercute económicamente este suministro al buque.

En la página del Ministerio de Fomento del Gobierno de España se encuentran los links que vinculan con todos los puertos españoles. De cada página web se ha sustraído el último dato publicado referente al precio del suministro del agua.

En algunos puertos la cantidad a pagar varía en función de algunas características, como por ejemplo el de la jornada en que se va a realizar el suministro, siendo más cara si se hace en una jornada extraordinaria, o el extra a pagar por cada conexión.

Para conseguir un precio estandarizado, a cada puerto se le estimará un precio medio por metro cúbico de agua y un precio medio a pagar según las exigencias de los servicios mínimos que establece para tener así, un precio medio total entre ambos valores.

#### AUTORIDAD PORTUARIA: A CORUÑA

**Tabla. 7: Precio suministro de agua en el puerto de A Coruña.**

Fuente: <http://www.puertocoruna.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m³)	PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m³)
Jornada ordinaria**	1,7445	$\frac{1,7445 + 3,4885}{2} = 2,617$
Jornada extra*	3,4885	

(\*) Jornada ordinaria: De lunes a jueves inclusive, entre las 8:00 h y las 12:00 h, y entre las 14:00 h y las 18:00 h. viernes, entre las 8:00 h y las 13:30 h.

(\*\*) Jornada extra: Los servicios prestados fuera de las jornadas ordinarias.



**AUTORIDAD PORTUARIA: ALICANTE**

**Tabla. 8: Precio suministro de agua en el puerto de Alicante.**

Fuente: <http://www.puertoalicante.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MÍNIMO A PAGAR (€)
De 0 a 5 m3 consumidos	0,011972	$\frac{5}{2} \times 0,011972 = 0,02993$
De 6 a 15 m3 consumidos	0,760809	$\frac{15 - 6}{2} \times 0,760809 = 7,9884945$
Más de 15 m3 consumidos	1,095597	$15 \times 1,095597 = 16,433955$
PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)	
$\frac{0,011972 + 0,760809 + 1,095597}{3} = 0,6228 \text{ €/m}^3$	$\frac{0,02993 + 7,9884945 + 16,433955}{3} = 8,151 \text{ €}$	
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>	<b><math>0,6228 + 8,151 = 8,774 \text{ €/m}^3</math></b>	

**AUTORIDAD PORTUARIA: ALMERÍA**

**Tabla. 9: Precio suministro de agua en el puerto de Almería.**

Fuente: <http://www.apalmeria.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A buques	<b>1,429</b>

**AUTORIDAD PORTUARIA: AVILÉS**

**Tabla. 10: Precio suministro de agua en el puerto de Avilés.**

Fuente: <http://www.puertoaviles.es/es/portada.asp>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A buques	<b>2,102</b>



**AUTORIDAD PORTUARIA: BAHÍA DE ALGECIRAS**

**Tabla. 11: Precio suministro de agua en el puerto de la Bahía de Algeciras**

Fuente:

[http://webserver.apba.es/portal/page?\\_pageid=388,171476&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://webserver.apba.es/portal/page?_pageid=388,171476&_dad=portal&_schema=PORTAL)

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MÍNIMO A PAGAR (€)
A buques	0,6986	12,6806
Precio de conexión de agua para buques carga general: 12,6806 €		
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>	<b>0,6986 + 12,6806 = 13,379 €/m<sup>3</sup></b>	

**AUTORIDAD PORTUARIA: BAHÍA DE CÁDIZ**

**Tabla. 12: Precio suministro de agua en el puerto de la Bahía de Cádiz.**

Fuente: <http://www.puertocadiz.com/opencms/index.html>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A buques	1,9383
Servicio mínimo de 5 m <sup>3</sup>	
Por cada operación de enganche y desenganche de buques a la red de agua potable (Se facturará una sola operación por el enganche y desenganche): 23,7233 €	
<b>PRECIO MEDIO TOTAL (€)</b>	
<b>1,9383 × 5 + 23,7233 = 33,415 €/m<sup>3</sup></b>	



**AUTORIDAD PORTUARIA: BALEARES**

**Tabla. 13: Precio suministro de agua en el puerto de Baleares.**

Fuente: <http://www.portsdebalears.com/index.php3>

PUERTOS BALEARES	INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m³)	PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m³)	REPERCUSIÓN CANON (€)
Puerto Palma	A buques con aguador	1,56	$\frac{1,56 + 1,44 + 0,7}{3} = \mathbf{0,925}$	0,19
	A buques con autoservicio	1,44		
	Máquina automática (50l. O fracción)	0,7		
Puerto Alcudía	A buques con aguador	1	$\frac{1 + 0,91 + 0,57}{3} = \mathbf{0,827}$	0,35
	A buques con autoservicio	0,91		
	Máquina automática (50l. O fracción)	0,57		
Puerto Mahón	A buques con aguador	1,54	$\frac{1,54 + 1,54 + 0,57}{3} = \mathbf{1,217}$	0,67
	A buques con autoservicio	1,54		
	Máquina automática (50l. O fracción)	0,57		
Puerto Eivissa	A buques con aguador	2,62	$\frac{2,62 + 2,33 + 0,69}{3} = \mathbf{1,88}$	0,31
	A buques con autoservicio	2,33		
	Máquina automática (50l. O fracción)	0,69		
Puerto La Savina	A buques con aguador	2,67	$\frac{2,67 + 2,37 + 0,57}{3} = \mathbf{1,87}$	0,36
	A buques con autoservicio	2,37		
	Máquina automática (50l. O fracción)	0,57		
PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m³)			PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)	
$\frac{0,925 + 0,827 + 1,217 + 1,88 + 1,87}{5} = \mathbf{1,344 \text{ €/m}^3}$			$\frac{0,19 + 0,35 + 0,67 + 0,31 + 0,36}{5} = \mathbf{0,376 \text{ €}}$	



PRECIO MEDIO TOTAL	$1,344 + 0,376 = 1,72 \text{ €/m}^3$
--------------------	--------------------------------------

**AUTORIDAD PORTUARIA: BILBAO**

**Tabla. 14: Precio suministro de agua en el puerto de Bilbao.**

Fuente: <http://www.bilbaoport.es/aPBW/web/es/index.jsp>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m³)	PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m³)
Red primaria (Santurce muelles A1 y A2)	1,74	$\frac{1,74 + 1,8}{2} = 1,77 \text{ €/m}^3$
Red secundaria (resto de muelles)	1,8	

**AUTORIDAD PORTUARIA: CARTAGENA**

**Tabla. 15: Precio suministro de agua en el puerto de Cartagena.**

Fuente: <http://www.apc.es/index.php>

AUTORIDAD PORTUARIA	INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m³)
CARTAGENA	A buques	2,0819





**AUTORIDAD PORTUARIA: CASTELLÓN**

**Tabla. 16: Precio suministro de agua en el puerto de Castellón.**

Fuente: <http://www.portcastello.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m³)	PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m³)
Por línea de tierra	3,65	$\frac{3,65 + 5,1191 + 7,6735 + 46,44}{4} = 15,721 \text{ €/m}^3$
Por aljibe en zona I*	5,1191	
Por aljibe en zona II**	7,6735	
Hora extraordinaria	46,44	
(*) Zona I: servicio mínimo de 25 m3		
(**) Zona II: servicio mínimo de 40 m3		
PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)		
$\frac{25 + 40}{2} = 32,5 \text{ €}$		
PRECIO MEDIO TOTAL		$15,721 + 32,5 = 48,221 \text{ €/m}^3$

**AUTORIDAD PORTUARIA: CEUTA**

**Tabla. 17: Precio suministro de agua en el puerto de Ceuta.**

Fuente: <http://www.puertodeceuta.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A buques desde muelles	<b>4,85</b>
Facturación mínima desde muelle a buques no pesqueros: 10 m <sup>3</sup>	
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>	
4,85 × 10 = <b>48,5 €/m<sup>3</sup></b>	

**AUTORIDAD PORTUARIA: FERROL-SAN CIBRAO**

**Tabla. 18: Precio suministro de agua en el puerto de Ferrol-San Cibrao.**

Fuente: <http://www.apfsc.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MÍNIMO A PAGAR (€)
A buques	<b>0,435324</b>	0,435324 × 20 = <b>8,706</b>
Servicio mínimo de 20 m <sup>3</sup>		
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>	0,435324 + 8,706 = <b>9,141 €/m<sup>3</sup></b>	



**AUTORIDAD PORTUARIA: GIJÓN**

**Tabla. 19: Precio suministro de agua en el puerto de Gijón.**

Fuente: <http://www.puertogijon.es/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A buques	2,4441

**AUTORIDAD PORTUARIA: HUELVA**

**Tabla. 20: Precio suministro de agua en el puerto de Huelva.**

Fuente: <http://www.puertohuelva.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MÍNIMO A PAGAR (€)
A buques	2,686	26,83 €
Servicio mínimo de 26,83 €		
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>	$2,686 + 26,83 = 29,516 \text{ €/m}^3$	

**AUTORIDAD PORTUARIA: LAS PALMAS**

**Tabla. 21: Precio suministro de agua en el puerto de Las Palmas.**

Fuente: <http://www.palmasport.es/00000/paginas/html/default.htm>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MÍNIMO A PAGAR (€)
A buques	2,65	$2,65 \times 20 = 53 \text{ €}$
Servicio mínimo de 20 m <sup>3</sup>		
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>	$2,65 + 53 = 55,65 \text{ €/m}^3$	

**AUTORIDAD PORTUARIA: MOTRIL**

**Tabla. 22: Precio suministro de agua en el puerto de Motril.**

Fuente: <http://www.apmotril.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MÍNIMO A PAGAR (€)
A buques	2,368	6,010121 €
Precio para conexión por servicio: 6,010121 €		
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>	$2,368 + 6,010121 = 8,379 \text{ €/m}^3$	



**AUTORIDAD PORTUARIA: PASAJES**

**Tabla. 23: Precio suministro de agua en el puerto de Pasajes.**

Fuente: <http://www.puertopasajes.net/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A buques	1,854



**AUTORIDAD PORTUARIA: TENERIFE**

**Tabla. 24: Precio suministro de agua en el puerto de Tenerife.**

Fuente: <http://www.puertosdetenerife.org/inicio.asp>

PUERTOS DE TENERIFE	INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA EN €/m <sup>3</sup>	PRECIO CON 25% RECARGO (€/m <sup>3</sup> )*	PRECIO SERVICIO MÍNIMO (€)
Santa Cruz de Tenerife	A buques desde muelle	2,97	2,97 + 25% = <b>3,13</b>	2,97 × 20 = <b>59,4</b>
	A buques desde aljibe	6,92	6,92 + 25% = <b>8,65</b>	6,92 × 100 = <b>692</b>
Santa Cruz de La Palma	A buques desde muelle*	2,03	2,03 + 25% = <b>2,54</b>	2,03 × 20 = <b>40,6</b>
San Sebastián de La Gomera	A buques desde muelle*	1,99	1,99 + 25% = <b>2,49</b>	1,99 × 20 = <b>39,8</b>
Los Cristianos	A buques desde muelle*	2,73	2,73 + 25% = <b>3,41</b>	2,73 × 20 = <b>54,6</b>
La Estaca (El Hierro)	A buques desde muelle*	2,58	2,58 + 25% = <b>3,23</b>	2,58 × 20 = <b>51,6</b>
Servicios mínimos				
A buques no pesqueros: 20 m <sup>3</sup>				
A buques desde aljibe: 100 m <sup>3</sup>				
*Las tarifas son de aplicables exclusivamente en los días laborables de las jornadas de 8:00 h a 20:00 de lunes a viernes y de 8:00 a 14:00 los sábados. Los servicios prestados fuera de dichas jornadas se facturarán con un recargo del 25%. También se facturarán con recargo del 25 % los servicios prestados en días festivos.				
<b>PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m<sup>3</sup>)</b>			<b>PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)</b>	
3,13 + 8,65 + 2,54 + 2,49 + 3,41 + 3,23			59,4 + 692 + 40,6 + 39,8 + 54,6 + 51,6	
$\frac{6}{6} = 4 \text{ €/m}^3$			$\frac{6}{6} = 156,33 \text{ €}$	
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>			<b>4 + 156,33 = 160,33 €/m<sup>3</sup></b>	



**AUTORIDAD PORTUARIA: SANTANDER**

**Tabla. 25: Precio suministro de agua en el puerto de Santander.**

Fuente: <http://www.puertasantander.es/cas/home.aspx>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO CON 75 % RECARGO (€/m <sup>3</sup> )*	PRECIO SERVICIO MÍNIMO (€)
A buques de carga y pasaje	1r semestre: 2,0477	2,0477 + 75% = <b>3,58</b>	2,0477 × 10 = <b>20,477</b>
	2º semestre: 2,6977	2,6977 + 75% = <b>4,72</b>	2,6977 × 10 = <b>26,977</b>
Servicio mínimo de 10 m3			
*Cuando el suministro de agua se efectúe por personal que no pertenezca a la Autoridad Portuaria y haya sido previamente autorizado por este Organismo, se establece una cuantía del 75 % de la establecida con carácter general.			
<b>PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m<sup>3</sup>)</b>		<b>PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)</b>	
$\frac{3,58 + 4,72}{2} = \mathbf{4,15 \text{ €/m}^3}$		$\frac{20,477 + 26,977}{2} = \mathbf{23,727 \text{ €}}$	
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>		$4,15 + 23,727 = \mathbf{27,877 \text{ €/m}^3}$	

**AUTORIDAD PORTUARIA: TARRAGONA**

**Tabla. 26: Precio suministro de agua en el puerto de Tarragona.**

Fuente: <http://www.porttarragona.cat/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MEDIO TOTAL
A buques	2,53204	$2,53204 \times 20 = \mathbf{50,641 \text{ €/m}^3}$
Servicio mínimo de 20 m3		



AUTORIDAD PORTUARIA: VALENCIA

Tabla. 27: Precio suministro de agua en el puerto de Valencia.

Fuente: [http://www.valenciaport.com/es-ES/Paginas/default\\_es\\_ES.aspx](http://www.valenciaport.com/es-ES/Paginas/default_es_ES.aspx)

PUERTOS DE VALENCIA	INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO SERVICIO MÍNIMO (€)
Puerto de Valencia	Suministro por línea de tierra	2,42	$2,42 \times 25 = 60,5$
	Suministro por Aljibe	3,12	$3,12 \times 25 = 78$
	Suministro fuera del puerto (RADA)	5,81	$5,81 \times 40 = 145,25$
	Suministro en astilleros U.N.V.	4,02	$4,02 \times 25 = 100,5$
	Hora extraordinaria* (€/hora)		<b>36,94</b>
	Servicio mínimo de 25 m <sup>3</sup> para los buques surtidos en el interior del puerto		
	Servicio mínimo de 40 m <sup>3</sup> para los buques fondeados en rada		
	(*) Jornada ordinaria: de lunes a viernes de 08:00 a 18:00 horas.		
	<b>PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)</b>	
	$\frac{2,42 + 3,12 + 5,81 + 4,02}{4} = 3,843 \text{ €/m}^3$	$\frac{60,5 + 78 + 145,25 + 100,5 + 36,94}{5} = 84,2380 \text{ €}$	
Puerto de Sagunto	<b>INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO</b>	<b>PRECIO DEL AGUA (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PRECIO SERVICIO MÍNIMO (€)</b>
	Suministro por tierra	<b>3,52 €/m<sup>3</sup></b>	$3,52 \times 25 = 88$
	Hora extraordinaria*		<b>32,81</b>
	Servicio mínimo de 25 m <sup>3</sup>	<b>PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)</b>	
	(*) Jornada ordinaria: de lunes a viernes de 08:00 a 20:00 horas. Sábados de 08:00 a 14:00 horas.	$\frac{88 + 32,81}{2} = 60,405 \text{ €}$	
	<b>INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO</b>	<b>PRECIO DEL AGUA (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>PRECIO SERVICIO MÍNIMO (€)</b>
	Suministro por gabarra	<b>6,24 €/m<sup>3</sup></b>	<b>651,79 €</b>
	Servicio mínimo de 651,79 €		
<b>PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m<sup>3</sup>)</b>		<b>PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)</b>	
$\frac{3,843 + 3,52 + 6,24}{3} = 4,531 \text{ €/m}^3$		$\frac{84,2380 + 60,405 + 651,79}{3} = 265,48 \text{ €}$	
<b>PRECIO MEDIO TOTAL</b>		$4,531 + 265,48 = 270,011 \text{ €/m}^3$	



**AUTORIDAD PORTUARIA: VIGO**

**Tabla. 28: Precio suministro de agua en el puerto de Vigo.**

Fuente: <http://www.apvigo.com/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA EN €/m <sup>3</sup>	PRECIO SERVICIO MÍNIMO (€)
A buques	2,8315	$2,8315 \times 10 = 28,315$
A buques mediante los módulos de abastecimiento controlado (monaguillos, disponiendo el usuario de tarjeta, de los medios humanos y demás elementos necesarios para el suministro)	2,4777	$2,4777 \times 10 = 24,777$
Servicio mínimo de 10 m <sup>3</sup>		
PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )	PRECIO MEDIO MÍNIMO A PAGAR (€)	
$\frac{2,8315 + 2,4777}{2} = 2,655 \text{ €/m}^3$	$\frac{28,315 + 24,777}{2} = 26,546 \text{ €}$	
PRECIO MEDIO TOTAL	$2,655 + 26,546 = 29,201 \text{ €/m}^3$	

**AUTORIDAD PORTUARIA: VILAGARCÍA DE AROUSA**

**Tabla. 29: Precio suministro de agua en el puerto de Vilagarcía de Arousa.**

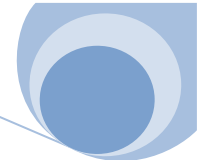
Fuente: <http://www.portovilagarcia.es/>

INFORMACIÓN DEL SUMINISTRO	PRECIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A buques	0,484296

### 3.1. PRECIO ESTANDARIZADO DEL SUMINISTRO DE AGUA

Con la información recopilada puede verse la variedad con la que cada puerto establece el precio del suministro de agua. En cualquier caso, después de calcular los precios medios considerados según las características de cada puerto, se han podido reducir las condiciones de suministro a dos criterios:

- el precio medio a pagar por cada metro cúbico de agua
- y el precio medio mínimo a pagar antes de realizar el suministro



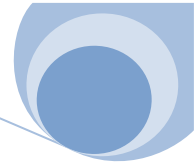
Realizando la suma de los dos valores obtenidos en cada criterio, se consigue el precio a pagar para abastecerse de agua cada vez según la autoridad portuaria, los resultados obtenidos se reflejan a continuación:

**Tabla. 30: Precio medio del suministro de agua en los puertos españoles.**

AUTORIDAD PORTUARIA	PRECIO MEDIO DEL AGUA (€/m <sup>3</sup> )
A Coruña	2,617
Alicante	8,774
Almería	1,429
Avilés	2,102
Bahía de Algeciras	13,379
Bahía de Cádiz	33,415
Baleares	1,72
Bilbao	1,77
Cartagena	2,0819
Castellón	48,221
Ceuta	48,5
Ferrol-S. Cibrao	9,414
Gijón	2,4441
Huelva	29,516
Las Palmas	55,65
Motril	8,379
Pasajes	1,854
Santa Cruz de Tenerife	160,33
Santander	27,877
Tarragona	50,641
Valencia	270,011
Vigo	29,201
Vilagarcía	0,484296
<b>VALOR PROMEDIO</b>	<b>35,209</b>

A falta de cuatro puertos, cuyo precio de suministro ha sido imposible de hallar, con los datos conseguidos es suficiente para establecer que el precio medio por el suministro de agua en los puertos españoles es de **35,209 €/m<sup>3</sup>**, equivalente a **0,03521 €/L**.





#### **4. GASTO MEDIO DE AGUA POTABLE EN LOS BUQUES MERCANTES**

La cantidad que se consume diariamente en un buque se ve afectada principalmente por el número de personas que se encuentren a bordo. Por ello es necesario conocer qué hay establecido con respecto a la tripulación mínima de seguridad que se exige en los buques.

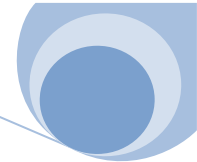
##### **4.1. TRIPULACIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD QUE SE EXIGE A BORDO DE UN BUQUE**

Esta información está regulada por la Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964 por la que se fija *“el cuadro indicador de tripulaciones mínimas para buques mercantes y de pesca”* publicada en el Boletín Oficial del Estado (BOE) desde ese mismo año y adjuntada en el Anexo A.

Para la determinación del número de tripulantes y la categoría de cada uno de ellos se toma como dato de referencia el Registro Bajo Cubierta (R.B.C.), se ve citado en el artículo doce que dice así: *“Para determinar el número y categorías profesionales de los tripulantes indicados en los artículos anteriores se tomará como base el “Registro Bajo Cubierta” (R.B.C.) y la “Potencia Efectiva” (C.V.E.) definidos en el artículo 5º del Decreto 629/1963 (“Boletín Oficial del Estado” número 83).*

Con relación a la potencia efectiva no es necesario tener insistencia con el significado del concepto ya que es un término conocido y utilizado en la actualidad. Su unidad de medida en este caso es el caballo de vapor, equivalente a 0,735 kilovatios.

Sin embargo, el registro bajo cubierta es un concepto de medida que no tiene un uso directo ya que las unidades que utiliza no forman parte del Sistema Internacional. La definición dada en el artículo 5º del Decreto 629/1963 (“Boletín Oficial del Estado” número 83), citada anteriormente, referente a los títulos profesionales de las Marinas Mercante y de Pesca dice así: *“Registro Bajo Cubierta (R.B.C.): el comprendido hasta la cubierta, tenga o no el buque escotilla de las denominadas de arqueo”*. Más



concretamente, son las Toneladas de Registro de todos los espacios cerrados del buque que se encuentran hasta llegar a la cubierta más alta.

Esta unidad de medida es la que se utiliza para especificar el arqueo de los buques, y se fijó con la publicación del “Convenio Internacional sobre el Arqueo de Buques” en el año 1969. En él se encuentran la definición y el cálculo del arqueo bruto y del arqueo neto que además fueron adoptados por la OMI (Organización Marítima Internacional) durante el mismo año (Anexo B).

El arqueo bruto o *gross tonnage* en inglés, con lo que se hace referencia con las siglas GT, se conoce como el volumen de todos los espacios debajo de la cubierta superior del buque y de los que se encuentran sobre ésta cerrados y cubiertos; en este volumen no se incluyen los dobles fondos destinados al agua de lastre.

El arqueo neto o *net tonnage* en inglés y representado con las siglas NT, expresa el volumen disponible para carga y pasajeros. También puede definirse como el resultado de restar al tonelaje total el volumen de los espacios que no producen flete.

Ambos volúmenes designan las toneladas de arqueo, y se expresa en Toneladas Moorson o de Registro (Bruto o Neto, según convenga), esta unidad de volumen es equivalen a 100 pies cúbicos ó 2,83 m<sup>3</sup>.

El Registro Bajo Cubierta que se ha utilizado en el BOE para determinar el número de tripulantes abarca todos los espacios del buque, entonces hace claramente referencia al arqueo bruto.

Según el “Convenio Internacional sobre el Arqueo de Buques”, para buques mayores, es decir, con un valor de 150 Toneladas de Registro Bruto o más, no se puede utilizar el factor de conversión directo multiplicando el valor por 2,83 para obtener metros cúbicos, sino que, mediante las siguientes fórmulas, se obtendrá el valor en las unidades deseadas:

$$GT = K_1 \times V_{\text{ECUACIÓN 1}}$$

Donde:



GT: Arqueo bruto expresado en toneladas de Registro.

V: Volumen total de todos los espacios cerrados del buque expresados en metros cúbicos.

$$K_1 = 0,2 + 0,02\log V .$$

Por lo que si sustituimos  $K_1$  en la ecuación primera, la fórmula final queda de la siguiente manera:

$$GT = (0,2 + 0,02\log V)V \text{ ECUACIÓN 2}$$

Una vez conocidas las unidades de medida utilizadas, se pasará a exponer cómo se encuentra clasificada la tripulación mínima a bordo mediante las tablas publicadas en el Boletín Oficial del Estado:

**PERSONAL TITULADO DE PUENTE**

**Tabla. 31.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

R.B.C. (ton)	CAPITÁN	PILOTO 1ª CLASE	PILOTO 2ª CLASE	Nº TOTAL DE PERSONAS
Más de 2.000	1	1	2	4
De 900 a 2.000	1	1	1	3
De 500 a 900	-	1	1	2

**Tabla. 32.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

R.B.C. (ton)	Con pasajeros	Sin pasajeros
De 150 a 500	1 PILOTO 1ª CLASE	1 PATRÓN MAYOR DE CABOTAJE*
		1 PILOTO 1ª CLASE**
		1 PILOTO 1ª + 2ª ***
Nº TOTAL DE PERSONAS	1	



**Tabla. 33.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

R.B.C. (ton)	Con más de 250 pasajeros	Con menos de 250 pasajeros	Sin pasajeros
De hasta 20 a 150	1 PILOTO 1ª CLASE	1 PATRÓN MAYOR DE CABOTAJE*	1 PATRÓN DE CABOTAJE*
		1 PILOTO 1ª CLASE **	1 PATRÓN MAYOR DE CABOTAJE***
			1 PILOTO 1ª CLASE****
<b>Nº TOTAL DE PERSONAS</b>	<b>1</b>		

En las tablas 32 y 33 el número de asteriscos indica en cada caso para qué zonas está establecido un titulado u otro. Además también se tiene en cuenta el número de pasajeros.

El hecho de estar en una zona u otra, no varía el número final de tripulantes, así que no se tendrá en cuenta. Con respecto al número de pasajeros, tampoco se consideraran ya que el estudio se centra en los buques mercantes sin pasaje.

**PERSONAL TITULADO DE MÁQUINAS**

**Tabla. 34.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

Potencia de máquinas C.V.E.	MAQUINISTA NAVAL JEFE	OFICIAL DE 1ª CLASE	OFICIAL DE 2ª CLASE	Nº TOTAL DE PERSONAS
Más de 3.000 C.V.E.	1	1	2	4
Más de 1.250 a 3.000	-	1	2	3



**Tabla. 35.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

Potencia de máquinas C.V.E.	MECÁNICO NAVAL MAYOR	MECÁNICO NAVAL 1ª CLASE	MECÁNICO NAVAL 2ª CLASE	Nº TOTAL DE PERSONAS
De 900 a 1.250	1	1	1	3
De 500 a 900	1	1	-	2
De 150 a 500	-	1	1	2
De 50 a 150	-	-	1	1

Hay una serie de excepciones con respecto al Personal Titulado de Máquinas:

- En los buques de más de 900 T.R.B.C. el puesto de Jefe de Máquinas habrá de ser desempeñado por un Oficial de máquinas de la Marina Mercante de primera clase, aun cuando por su potencia corresponda a Mecánico Naval.
- En los buques de más de 2.000 T.R.B.C. el puesto de Jefe de Máquinas habrá de ser desempeñado por un Maquinista Naval Jefe.

Como se puede observar son excepciones que no afectan al número de personas que habrá, ya que se cambia uno por otro según convenga, así pues, no se tendrá en cuenta en el recuento total de tripulantes mínimos que habrá a bordo.

**PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE CUBIERTA (R.B.C.)**

**Tabla. 36.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

	Hasta 150	De 150 a 500	De 500 a 900	De 900 a 1.700	De 1.700 a 5.000	De 5.000 a 10.000	De 10.000 a 20.000	Mayores de 20.000
CONTRAMAESTRE	-	1	1	1	1	1	1	1
MARINERO	2	2	3	3	3	4	4	4
MOZO	-	1	1	2	3	3	4	5
Nº TOTAL DE PERSONAS	2	4	5	6	7	8	9	10



**PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE MÁQUINAS (C.V.E.)**

**Tabla. 37.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

	Demásde500a1.250	Demásde1.250a3.000	Demásde3.000a4.500	Mayoresde4.500
<b>CALDERETERO</b>	-	1	1	1
<b>ENGRASADOR</b>	1	2	2	3
<b>LIMPIADOR</b>	-	-	1	1
<b>Nº TOTAL DE PERSONAS</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>

**BUQUES TANQUE**

En los buques tanque, además del personal ya indicado deberán contar con:

**Tabla. 38.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

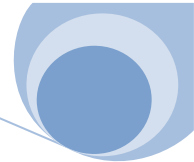
R.B.C. (ton)	BOMBERO	AYUDANTE DE BOMBERO	Nº TOTAL DE PERSONAS
<b>De hasta 8.000</b>	1	-	<b>1</b>
<b>De más de 8.000 a 25.000</b>	1	1	<b>2</b>
<b>De más de 25.000</b>	1	2	<b>3</b>

**PERSONAL DE FONDA (según número de tripulantes)**

**Tabla. 39.**

*Fuente: Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964, BOE*

	Hasta 10	De 11 a 15	De 16 a 20	De 21 a 35	Mayor de 35
<b>COCINERO</b>	1	1	1	1	1
<b>MARMITÓN</b>	-	-	1	1	2
<b>CAMARERO</b>	-	1	1	2	2
<b>Nº TOTAL DE PERSONAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>



#### 4.1.1 PRIMERA CLASIFICACIÓN PARA ESTABLECER UNA TRIPULACIÓN MÍNIMA DE SEGURIDAD A BORDO

Todas las tablas anteriores reflejan las restricciones establecidas en el Boletín Oficial del Estado para poder asignar una tripulación mínima de seguridad a bordo de un buque. A continuación se clasificará toda esa información tomando tres criterios:

##### **A) Según el registro bajo cubierta (R.B.C):**

- PERSONAL TITULADO DE PUENTE
  - PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE CUBIERTA
- { BUQUES TANQUE

##### **B) Según la potencia efectiva del motor (C.V.E)**

- PERSONAL TITULADO DE MÁQUINAS
  - PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE MÁQUINAS
- { BUQUES TANQUE

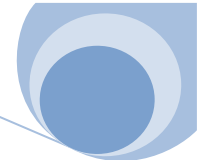
##### **C) Según el número de tripulantes**

- PERSONAL DE FONDA

El desarrollo de cada uno de los tres apartados anteriores es el siguiente:

##### **A) Según el registro bajo cubierta (R.B.C ) (ton):**

- PERSONAL TITULADO DE PUENTE
- PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE CUBIERTA



**Tabla. 40: Número total de tripulantes en función del R.B.C. en buques no tanque.**

Tabla 40.1.: Personal titulado de puente			
R.B.C. (ton)	Nº DE PERSONAS		
20 - 150	1		
>150 - 500	1		
>500 - 900	2		
>900 - 2.000	3		
> 2.000	4		
Tabla 40.2.: Personal de maestranza y subalterno de cubierta		Tabla 40.3.: Formato simplificado	
R.B.C. (ton)	Nº DE PERSONAS	R.B.C.(ton)	Nº PERSONAS
<150	2	< 150	1
>150 - 500	4	>150 - 500	5
>500 - 900	5	>500 - 900	7
>900 - 1.700	6	>900 - 1.700	9
>1.700 - 5.000	7	>1.700 - 2.000	10
>5.000 - 10.000	8	>2.000 - 5.000	11
>10.000 - 20.000	9	>5.000 - 10.000	12
> 20.000	10	>10.000 - 20.000	13
		> 20.000	14

La *Tabla 40.3.: Formato simplificado* se ha realizado tomando todos los intervalos que indican el R.B.C. de las tablas 40.1. y 40.2. de la izquierda, los colores relacionan estos intervalos entre ellos según el valor. Así pues, el número total de tripulantes se ha hecho sumando, según las toneladas de R.B.C. correspondientes, el PERSONAL TITULADO DE PUENTE más el de MAESTRANZA Y SUBALTERNOS DE CUBIERTA.





**Tabla. 41: Número total de tripulantes en función del R.B.C. en buques tanque.**

Tabla 40.3.: Formato simplificado			
R.B.C.	Nº PERSONAS		
< 150	1		
>150 – 500	5		
>500 – 900	7		
>900 - 1.700	9		
>1.700 - 2.000	10		
>2.000 - 5.000	11		
>5.000 - 10.000	12		
>10.000 - 20.000	13		
> 20.000	14		
Tabla 41.1.: Buques tanque			
R.B.C.	Nº PERSONAS		
< 8.000	1		
>8.000 – 25.000	2		
> 25.000	3		

Tabla 41.2.: Nº total de tripulantes en buques tanque	
R.B.C.	Nº PERSONAS
< 8.000	13
>8.000 - 10.000	14
>10.000 - 20.000	15
>20.000 - 25.000	16
>25.000	17

Los buques tanque tienen más tripulación que los otros. Para contar el total de tripulantes, se extraen los intervalos de la *Tabla 40.1.: Formato simplificado* y se vinculan con los de estos buques, la leyenda de colores relaciona los valores de los intervalos entre sí y posteriormente, teniendo en cuenta el R.B.C., se suman el número de personas. El resultado final se ve reflejado en la *Tabla 41.2.: Nº total de tripulantes en buques tanque*.

Para tener estos mismos valores en una unidad de medida integrada en el Sistema Internacional, se utilizará la *ECUACIÓN 2* expuesta inicialmente para que el arqueo bruto expresado en toneladas de Registro (GT) pase a estar en metros cúbicos, y poder conocer el volumen total de todos los espacios cerrados:

$$GT = (0,2 + 0,02\log V)V_{\text{ECUACIÓN 2}}$$

El dato conocido es GT y el valor a calcular es el de V.



La Tabla 40.3.: *Formato simplificado* pasa a los valores siguientes:

**Tabla. 42: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados de los buques mercantes no tanque.**

R.B.C.(ton)	Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº DE PERSONAS
<150	<587	<b>1</b>
>150 - 500	>587- 1.883	<b>5</b>
>500 - 900	>1.883 - 3.327	<b>7</b>
>900 - 1.700	>3.327 - 6.163	<b>9</b>
>1.700 - 2.000	>6.163 - 7.215	<b>10</b>
>2.000 - 5.000	>7.215 - 17.550	<b>11</b>
>5.000 - 10.000	>17.550 - 34.396	<b>12</b>
>10.000 - 20.000	>34.396 - 67.435	<b>13</b>
>20.000	>67.435	<b>14</b>

La Tabla 42.1.: *Nº total de tripulantes en buques tanque* pasa a los valores siguientes:

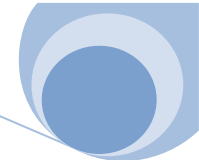
**Tabla. 43: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados de los buques tanque.**

R.B.C.	Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº DE PERSONAS
< 8.000	<27.696	<b>13</b>
>8.000 - 10.000	>27.696 - 34.396	<b>14</b>
>10.000 - 20.000	>34.396 - 67.436	<b>15</b>
>20.000 - 25.000	>67.436 - 83.763	<b>16</b>
> 25.000	>83.763	<b>17</b>

De modo que en ambos casos se consigue tener la tripulación mínima en función del volumen interior del buque.

#### **B) Según la potencia efectiva del motor (C.V.E)**

- PERSONAL TITULADO DE MÁQUINAS
- PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE MÁQUINAS



**Tabla. 44: Número total de tripulantes en función de C.V.E.**

Tabla 44.1.: Personal titulado de máquinas			
C.V.E.	Nº PERSONAS		
<50 - 150	1		
>150 - 500	2		
>500 - 900	2		
>900 - 1.250	3		
>1.250 - 3.000	3		
> 3.000	4		
Tabla 44.2.: Personal de maestranza y subalterno de máquinas		Tabla 44.3.: Formato simplificado	
C.V.E.	Nº PERSONAS	C.V.E.	Nº PERSONAS
<500 - 1.250	1	>50 - 150	1
>1.250 - 3.000	3	>150 - 500	2
>3.000 - 4.500	4	>500 - 900	3
> 4.500	5	>900 - 1.250	4
		>1.250 - 3.000	6
		>3.000 - 4.500	8
		> 4.500	9

La *Tabla 44.3.: Formato simplificado* se ha hecho de la misma manera que en el caso anterior (*Tabla 40.3.: Formato simplificado*). Se han tenido en cuenta los intervalos de C.V.E. correspondientes, y se ha sumado el número de personas total que se forma entre el PERSONAL TITULADO DE MÁQUINAS y el PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE MÁQUINAS.

Los valores de la tabla anterior (*Tabla 44.3.: Formato simplificado*) expresados en caballos de vapor, se pasarán al Sistema Internacional, sabiendo que 1CV = 0,735 KW, y se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla. 45: Número mínimo de tripulantes en función de la potencia efectiva del motor dada en KW.**

C.V.E.	KW	Nº DE PERSONAS
<50 - 150	<36 - 110	1
>150 - 500	>110 - 367	2
>500 - 900	>367 - 661	3
>900 - 1.250	>661 - 918	4
>1.250 - 3.000	>918 - 2.205	6
>3.000 - 4.500	>2.205 - 3.307	8
>4.500	>3.307	9



Una vez en este punto, la información obtenida a tener en cuenta es la reflejada en las tablas:

*Tabla. 42: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados de los buques mercantes no tanque.*

*Tabla. 43: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados de los buques tanque.*

*Tabla. 45: Número mínimo de tripulantes en función de la potencia efectiva del motor dada en KW.*

El siguiente paso a realizar para finalizar con el recuento de tripulación mínima que habrá a bordo según lo establecido en el BOE, es el de sumar el personal de fonda dependiendo de los tripulantes calculados en cada caso.

### **C) Según el número de tripulantes**

- PERSONAL DE FONDA

**Tabla. 46: Personal de fonda mínimo que ha de llevar un buque mercante en función del número de tripulantes.**

Nº TRIPULANTES	Nº PERSONAS
< 10	1
11 - 15	2
16 - 20	3
21 - 35	4
> 35	5

Según ésta última tabla se obtendrán los siguientes resultados:



**Tabla. 47: Tripulación mínima total para buques mercantes no tanque en función del volumen total de todos los espacios cerrados (m<sup>3</sup>).**

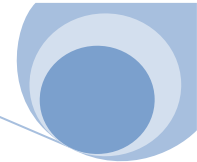
Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº DE PERSONAS	PERSONAL DE FONDA	Nº TOTAL PERSONAS
<587	1	1	2
>587 - 1.883	5	1	6
>1.883 - 3.327	7	1	8
>3.327 - 6.163	9	1	10
>6.163 - 7.215	10	1	11
>7.215 - 17.550	11	2	13
>17.550 - 34.396	12	2	14
>34.396 - 67.435	13	2	15
>67.435	14	2	16

**Tabla. 48: Tripulación mínima total para buques tanque en función del volumen total de todos los espacios cerrados (m<sup>3</sup>).**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº DE PERSONAS	PERSONAL DE FONDA	Nº TOTAL PERSONAS
<27.696	13	2	15
>27.696 - 34.396	14	2	16
>34.396 - 67.436	15	2	17
>67.436 - 83.763	16	3	19
>83.763	17	3	20

**Tabla. 49: Tripulación mínima total para buques mercantes en función de la potencia efectiva del motor (KW).**

POTENCIA EFECTIVA (KW)	Nº DE PERSONAS	PERSONAL DE FONDA	Nº TOTAL PERSONAS
<36 - 110	1	1	2
>110 - 367	2	1	3
>367 - 661	3	1	4
>661 - 918	4	1	5
>918 - 2205	6	1	7
>2205 - 3307	8	1	9
>3307	9	1	10



La clasificación inicial era:

**A) Según el registro bajo cubierta (R.B.C):**

- PERSONAL TITULADO DE PUENTE
- PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE CUBIERTA

{ BUQUES TANQUE

**B) Según la potencia efectiva del motor (C.V.E)**

- PERSONAL TITULADO DE MÁQUINAS
- PERSONAL DE MAESTRANZA Y SUBALTERNO DE MÁQUINAS

{ BUQUES TANQUE

**C) Según el número de tripulantes**

- PERSONAL DE FONDA

**4.1.2. SEGUNDA CLASIFICACIÓN PARA ESTABLECER UNA TRIPULACIÓN MÍNIMA  
DE SEGURIDAD A BORDO**

La clasificación final obtenida después de todo lo realizado anteriormente es:

**A) Tripulación mínima en función del volumen total de todos los  
espacios cerrados ( $m^3$ ):**

- Para buques mercantes (no tanque)
- Para buques tanque

**B) Tripulación mínima total para buques mercantes en función de  
la potencia efectiva del motor (KW)**

Las tripulaciones mínimas se ven en los siguientes cuadros:



**Tabla. 50: Tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados (m<sup>3</sup>).**

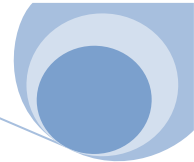
Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº TOTAL PERSONAS
<587	2
>587- 1.883	6
>1.883 - 3.327	8
>3.327 - 6.163	10
>6.163 - 7.215	11
>7.215 - 17.550	13
>17.550 - 34.396	14
>34.396 - 67.435	15
>67.435	14
BUQUES TANQUE	
<27.696	15
>27.696 - 34.396	16
>34.396 - 67.436	17
>67.436 - 83.763	19
>83.763	20

**Tabla. 51: Tripulación mínima para buques mercantes en función de la potencia efectiva del motor (KW).**

POTENCIA EFECTIVA (KW)	Nº TOTAL PERSONAS
<36 - 110	2
>110 - 367	3
>367 - 661	4
>661 - 918	5
>918 – 2.205	7
>2205 – 3.307	9
>3.307	10

Es imprescindible tener la tripulación mínima exigida a bordo en función de un único criterio para poder obtener datos prácticos y aplicables al presente análisis.

Entonces, es necesario establecer a cada volumen calculado una potencia efectiva del motor. De este modo, se logrará añadir al número de tripulantes en función del volumen, el número de tripulantes en función de la potencia del motor determinada previamente.



#### 4.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA CALCULAR EL NÚMERO MÍNIMO DE TRIPULANTES EN FUNCIÓN DE UN ÚNICO CRITERIO

Para cumplir con el objetivo de lograr una única tabla con el número de tripulantes en función de un único criterio, es necesario tener en cuenta unas consideraciones previas al cálculo.

Primeramente se ha de establecer el criterio con el cual se va a determinar la tripulación; éste va a ser el **desplazamiento** del buque.

Para calcularlo se tendrán en cuenta los datos adquiridos hasta el momento:

- por una parte se tiene la tripulación en función del volumen de los espacios cerrados
- y por otra se tiene la tripulación en función de la potencia efectiva del motor

Está claro que, un mismo buque tendrá las dos características, es decir, tendrá un volumen de espacio cerrado y una potencia efectiva según su motor.

Otras herramientas disponibles para el cálculo del desplazamiento son dos programas de diseño y cálculo específicos de ingeniería naval:

- Maxsurf: realiza el diseño de cascos y facilita datos del mismo, el más importante en este caso, el desplazamiento máximo del buque.
- Hullspeed: con cascos prediseñados en Maxsurf, facilita la potencia necesaria para propulsar el desplazamiento establecido.

##### 4.2.1. OBTENCIÓN DEL DESPLAZAMIENTO

El desplazamiento máximo de un buque es equivalente al peso del volumen que desplaza cuando éste se encuentra en máxima carga, es decir, cuando los tanques de combustible están al máximo, cuando la carga está a bordo, con los pertrechos, etc. Pero en el presente caso no se dispone de este dato, sino del volumen de los espacios cerrados del buque.





Para conseguir el desplazamiento, se va a llenar parte de este volumen con los avituallamientos adquiridos por el mismo buque. El valor obtenido, no será el del desplazamiento máximo, sino el de un desplazamiento equivalente al peso del agua desalojada cuando el buque lleva cargados los avituallamientos necesarios. Esto dará como resultado una potencia menor a la que realmente necesita el buque, lo que ayudará a obtener unos datos más desfavorables con respecto a la realidad. Disponiendo así de un pequeño intervalo de error en las suposiciones establecidas a partir de los datos finales obtenidos.

Para este estudio se ha escogido el puerto de Barcelona, ya que es uno de los puertos más concurridos de España. Los avituallamientos prestados por el puerto en 2009, expresados en metros cúbicos son los siguientes:

**Estadística (M.F.) 3 Avituallamientos suministrados en el puerto de Barcelona en 2009.**

*Fuente: [www.puertos.es/estadisticas/estadistica\\_historica/index.html](http://www.puertos.es/estadisticas/estadistica_historica/index.html)*

Combustible	Agua	Hielo	Varios	TOTAL
826.022	306.693	0	51.961	1.184.676

El número de buques mercantes sin pasaje atracados en el mismo año y clasificados según tipo es:

**Estadística (M.F.) 4: Número de buques mercantes según tipo atracados en el puerto de Barcelona en 2009.**

*Fuente: [www.puertos.es/estadisticas/estadistica\\_historica/index.html](http://www.puertos.es/estadisticas/estadistica_historica/index.html)*

Tipo de Buque	Cantidad buques
Carga	736
Graneleros	128
Otros buques	16
Portacontenedores	2.386
RO-RO de mercancías	3.429
Tanques	924
<b>Total buques</b>	<b>7.619</b>



El cálculo del volumen total de todos los espacios cerrados que tiene cada barco, mediante la *ECUACIÓN 2* se ve reflejado a continuación:

**Tabla. 52: Cálculo del volumen de todos los espacios cerrados que tiene cada barco atracado en el puerto de Barcelona (2009).**

Tipo de Buque	(A) Cantidad buques	GT = (0,2 + 0,02 × log V) × V	(B) Valor de V	$\frac{B}{A} = \frac{V}{\text{barco}}$
Carga	736	3.572.476	10.494.346	<b>14.258,62</b>
Graneleros	128	2.207.753	6.563.986	<b>51.281,14</b>
Otros buques	16	368.480	1.147.223	<b>71.701,45</b>
Portacontenedores	2.386	70.210.048	192.005.800	<b>80.471,84</b>
RO-RO de mercancías	3.429	92.316.798	250.868.418	<b>73.160,81</b>
Tanques	924	17.012.706	48.106.851	<b>52.063,69</b>

\*GT: Arqueo bruto expresado en toneladas de arqueo.  
 \*V: Volumen de todos los espacios cerrados del buque (m<sup>3</sup>).  
 \* $\frac{B}{A} = \frac{V}{\text{barco}}$ : Volumen de todos los espacios cerrados que tiene cada buque (m<sup>3</sup>/barco).

**Tabla. 53: Volumen de los espacios cerrados que tiene cada buque.**

Tipo de Buque	$\frac{V}{\text{barco}}$ (m <sup>3</sup> )
Carga	<b>14.258,62</b>
Graneleros	<b>51.281,14</b>
Otros buques	<b>71.701,45</b>
Portacontenedores	<b>80.471,84</b>
RO-RO de mercancías	<b>73.160,81</b>
Tanques	<b>52.063,69</b>

▪ Espacio dedicado al combustible

Para saber el porcentaje de espacio dedicado al combustible se ha de tener en cuenta cuántos metros cúbicos se suministraron a cada buque, con los datos de la *Estadística (M.F.) 3: Avituallamientos suministrados en el puerto de Barcelona en 2009* se conoce cuál fue la cantidad de combustible total (indicado en la columna A tabla 54). Mientras que con los datos de la *Estadística (M.F.) 4: Número de buques mercantes según tipo atracados en el puerto de Barcelona en 2009*, se conoce el número de barcos que



atracaron (indicado en la columna B tabla 54). En la cuarta columna se hace la división obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla. 54: Metros cúbicos de combustible suministrados a cada barco.**

(A) Combustible total suministrado en 2009	Tipo de buque	(B) Cantidad buques	$\frac{A}{B} = \frac{\text{m}^3 \text{comb.}}{\text{barco}}$
826.022	Carga	736	1.122
	Graneleros	128	6.453
	Otros buques	16	51.625
	Portacontenedores	2.386	346
	RO-RO mercancías	3.429	241
	Tanques	924	894

Se conocen los metros cúbicos de combustible suministrados a cada barco, gracias a la tabla anterior. Junto con la *Tabla. 53: Volumen de todos los espacios cerrados que tiene cada barco atracado en el puerto de Barcelona (2009)*, se podrá calcular el porcentaje de espacio dedicado al mismo.

El volumen de todos los espacios cerrados de cada buque se considera el 100% del espacio ( $\frac{V}{\text{barco}}$ ; extraído de la tabla número 53) y los metros cúbicos de combustible por buque ( $\frac{A}{B} = \frac{\text{m}^3 \text{agua}}{\text{barco}}$ ; extraídos de la tabla anterior número 54), forman parte de este porcentaje, quedando la siguiente tabla como resultado:

**Tabla. 55: Porcentaje de espacio medio dedicado al combustible en un buque mercante.**

Tipo de buque	$\frac{V}{\text{barco}}$	$\frac{\text{m}^3 \text{comb.}}{\text{barco}}$	$\frac{\% \text{ m}^3 \text{comb.}}{\text{barco}}$
Carga	14.258,62	1.122	8%
Graneleros	51.281,14	6.453	13%
Otros buques	71.701,45	51.625	72%
Portacontenedores	80.471,84	346	0,43%
RO-RO mercancías	73.160,81	241	0,33%
Tanques	52.063,69	894	2%
<b>MEDIA DE ESPACIO DEDICADO AL COMBUSTIBLE:</b>			<b>15,82%</b>



Entonces, aproximadamente un 16% del espacio del buque se dedica a transportar combustible.

- Espacio dedicado al agua

Se realizará el mismo procedimiento para conocer el espacio dedicado a cargar agua dulce, conociendo los metros cúbicos que se suministraron mediante la estadística 3 , y teniendo en cuenta el volumen de todos los espacios cerrados que tiene cada barco (tabla 55):

**Estadística (M.F.) 3: Avituallamientos suministrados en el puerto de Barcelona en 2009.**

Fuente: [www.puertos.es/estadisticas/estadistica\\_historica/index.html](http://www.puertos.es/estadisticas/estadistica_historica/index.html)

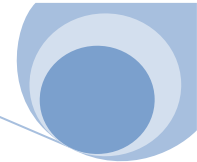
Combustible	Agua	Hielo	Varios	TOTAL
826.022	306.693	0	51.961	1.184.676

**Tabla. 55: Volumen de los espacios cerrados que tiene cada buque.**

Tipo de Buque	$\frac{V}{\text{barco}} (\text{m}^3)$
Carga	14.258,62
Graneleros	51.281,14
Otros buques	71.701,45
Portacontenedores	80.471,84
RO-RO de mercancías	73.160,81
Tanques	52.063,69

**Tabla. 56: Cantidad de agua suministrada a cada barco.**

(A) Agua total suministrada en 2009	Tipo de buque	(B) Cantidad buques	$\frac{A}{B} = \frac{\text{m}^3 \text{agua.}}{\text{barco}}$
306.693	Carga	736	416,70
	Graneleros	128	2.396,04
	Otros buques	16	19.168,31
	Portacontenedores	2.386	128,54
	RO-RO mercancías	3.429	89,44
	Tanques	924	331,92

**Tabla. 57: Porcentaje de espacio medio dedicado al agua en un buque mercante.**

Tipo de buque	$\frac{V}{\text{barco}}$	$\frac{m^3 \text{ agua}}{\text{barco}}$	$\frac{\% m^3 \text{ agua}}{\text{barco}}$
Carga	14.258,62	416,70	2,92%
Graneleros	51.281,14	2.396,04	4,67%
Otros buques	71.701,45	19.168,31	26,73%
Portacontenedores	80.471,84	128,54	0,16%
RO-RO mercancías	73.160,81	89,44	0,12%
Tanques	52.063,69	331,92	0,64%
<b>MEDIA DE ESPACIO DEDICADO AL AGUA:</b>			<b>5,87%</b>

Aproximadamente un **6%** del espacio del buque se dedica a transportar agua dulce.

En la estadística referente a los avituallamientos se especifican cuatro sustancias diferentes: combustible, agua, hielo y varios. Sin embargo, sólo se ha tenido en cuenta el combustible y el agua, esto es así porque, en el caso del hielo, no se suministró ninguna cantidad, por lo que no se puede tener en cuenta, y referente a *varios*, se desconoce a qué elementos se refiere y no se podrían hacer los cálculos pertinentes.

Conocidos los metros cúbicos aproximados que ocupan el combustible y el agua y multiplicándolos por la densidad correspondiente a cada uno, se puede obtener el peso que generan dentro de un buque en función del volumen de todos sus espacios cerrados.

- Cálculo del desplazamiento estimado

Recopilando la información detallada en el presente apartado, se podrá obtener un valor de desplazamiento con respecto a los intervalos de volumen que marca la *Tabla. 50: Tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados (m<sup>3</sup>)*. Para cada uno de ellos se calculará lo correspondiente al 16% de combustible y lo correspondiente al 6% de agua (los valores tenidos en cuenta son los destacados en verde, ya que son el máximo de cada intervalo (el resto se repiten cada vez):



**Tabla. 50: Tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados (m3).**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº TOTAL PERSONAS
<587	2
>587- 1.883	6
>1.883 - 3.327	8
>3.327 - 6.163	10
>6.163 - 7.215	11
>7.215 - 17.550	13
>17.550 - 34.396	14
>34.396 - 67.435	15
>67.435	14
BUQUES TANQUE	
<27.696	15
>27.696 - 34.396	16
>34.396 - 67.436	17
>67.436 - 83.763	19
>83.763	20

**Tabla. 58: Espacio medio para combustible y agua, en función de los volúmenes considerados para el cálculo de tripulación mínima a bordo.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	ESPACIO PARA COMBUSTIBLE (m <sup>3</sup> ) (16%)	ESPACIO PARA AGUA (m <sup>3</sup> ) (6%)
587	93,92	35,22
1.883	301,28	112,98
3.327	532,32	199,62
6.163	986,08	369,78
7.215	1.154,40	432,90
17.550	2.808,00	1.053,00
34.396	5.503,36	2.063,76
67.435	10.789,60	4.046,10
27.696	4.431,36	1.661,76
83.763	13.402,08	5.025,78

Conociendo que la densidad del combustible es de 680 Kg/m<sup>3</sup> y que la del agua es de 1000 Kg/m<sup>3</sup>, y multiplicando este valor por el volumen que ocupan, se consigue el peso correspondiente en kilogramos.

Sumando los dos pesos, de agua y combustible, se puede estimar el resultado como el desplazamiento del buque cargando ambos fluidos.



**Tabla. 59: Peso del combustible ocupando el espacio calculado correspondiente.**

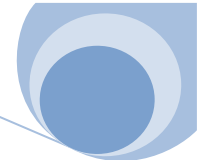
Valor de V (m <sup>3</sup> )	ESPACIO PARA COMBUSTIBLE (m <sup>3</sup> ) (16%)	PESO POR EL COMBUSTIBLE (kg) ( $\rho = 680 \text{ Kg/m}^3$ )
587	93,92	<b>63.866</b>
1.883	301,28	<b>204.870</b>
3.327	532,32	<b>361.978</b>
6.163	986,08	<b>670.534</b>
7.215	1.154,40	<b>784.992</b>
17.550	2.808,00	<b>1.909.440</b>
34.396	5.503,36	<b>3.742.285</b>
67.435	10.789,60	<b>7.336.928</b>
27.696	4.431,36	<b>3.013.325</b>
83.763	13.402,08	<b>9.113.414</b>

**Tabla. 60: Peso del agua ocupando el espacio calculado correspondiente.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	ESPACIO PARA AGUA (m <sup>3</sup> ) (6%)	PESO POR EL AGUA (kg) ( $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$ )
587	35,22	<b>35.220</b>
1.883	112,98	<b>112.980</b>
3.327	199,62	<b>199.620</b>
6.163	369,78	<b>369.780</b>
7.215	432,90	<b>432.900</b>
17.550	1.053,00	<b>1.053.000</b>
34.396	2.063,76	<b>2.063.760</b>
67.435	4.046,10	<b>4.046.100</b>
27.696	1.661,76	<b>1.661.760</b>
83.763	5.025,78	<b>5.025.780</b>

**Tabla. 61: Peso total de ambos fluidos, agua y combustible, en función de los volúmenes considerados para el cálculo de tripulación mínima a bordo.**

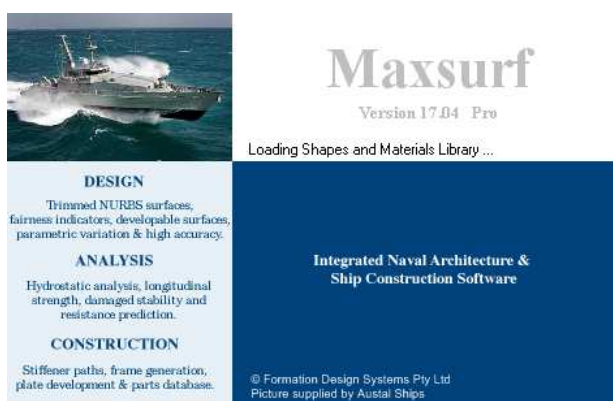
Valor de V (m <sup>3</sup> )	PESO POR EL COMBUSTIBLE (kg) ( $\rho = 680 \text{ kg/m}^3$ )	PESO POR EL AGUA (kg) ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ )	PESO TOTAL (kg)
587	63.866	35.220	<b>99.086</b>
1.883	204.870	112.980	<b>317.850</b>
3.327	361.978	199.620	<b>561.598</b>
6.163	670.534	369.780	<b>1.040.314</b>
7.215	784.992	432.900	<b>1.217.892</b>
17.550	1.909.440	1.053.000	<b>2.962.440</b>
34.396	3.742.285	2.063.760	<b>5.806.045</b>
67.435	7.336.928	4.046.100	<b>11.383.028</b>
27.696	3.013.325	1.661.760	<b>4.675.085</b>
83.763	9.113.414	5.025.780	<b>14.139.194</b>



Los pesos obtenidos se considerarán como el desplazamiento del buque cuando tiene cargados al máximo los tanques de combustible y de agua. Como ya se ha explicado, este desplazamiento no es máximo, pero es necesaria su estimación para conseguir un número mínimo de tripulantes en función del desplazamiento del buque.

- Potencia necesaria para propulsar cada desplazamiento

**Imagen 1**



Para conseguir el objetivo con el que se ha recogido toda la información anterior se ha tenido que trabajar con los dos programas específicos de ingeniería naval ya mencionados.

El primero, llamado Maxsurf, se ha utilizado para obtener cascos de

buques con un desplazamiento igual a los intervalos establecidos en la tabla 61.

En la imagen de a continuación se ve el área de trabajo de este programa y las cuatro vistas del buque creado.





## Imagen 2



Los desplazamientos de la tabla 61 mencionadas anteriormente son:

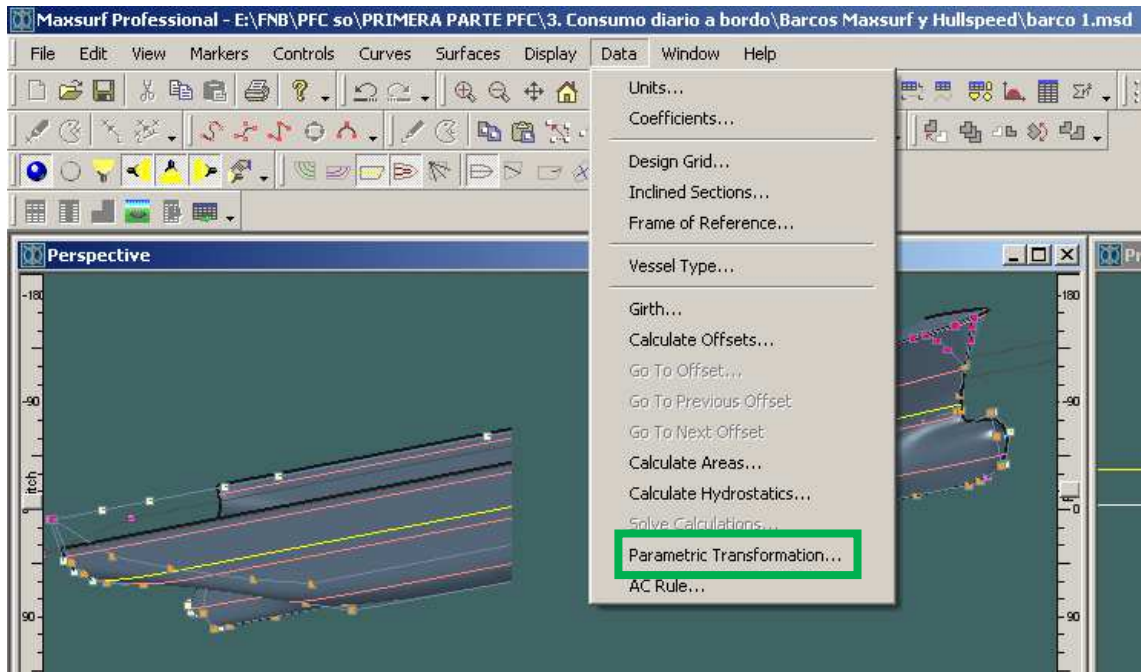
**Tabla. 62: Desplazamientos a considerar para el cálculo de las potencias.**

PESO TOTAL (kg)
99.086
317.850
561.598
1.040.314
1.217.892
2.962.440
5.806.045
11.383.028
4.675.085
14.139.194

Para la obtención de los datos deseados se ha escogido un modelo monocasco existente en el programa.



Imagen 3

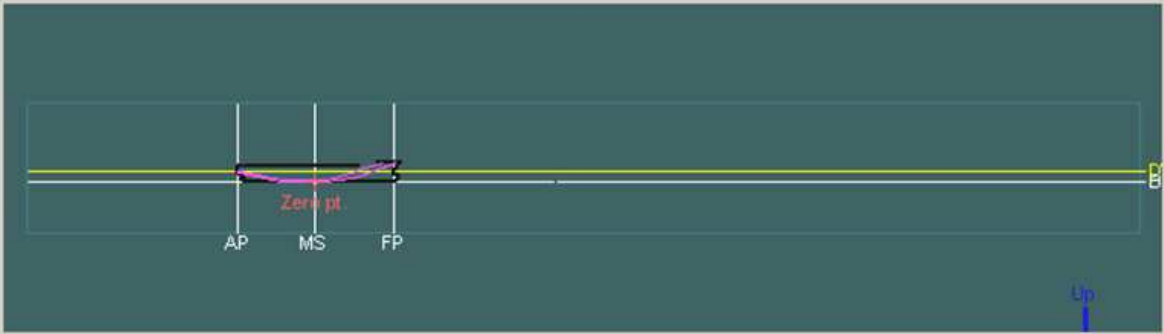


Mediante la opción de “Parametric Transformation...” (cuadro verde imagen 3), se abre una nueva ventana (imagen 4) mediante la cual se ha variado el valor del desplazamiento. Para ello se ha marcado su casilla correspondiente para dejarlo en un valor fijo (cuadro rojo imagen 4) y desmarcado las otras opciones de manga, calado y eslora (cuadros azules). De esta manera, cuando se le da a la opción “search”, (cuadro naranja imagen 4) el programa se encarga de buscar automáticamente las medidas desmarcadas (cuadros azules) pertenecientes al desplazamiento fijado (cuadro rojo). Se repetirá este proceso para cada valor de la tabla 62.



Imagen 4

Parametric Transformation



☐ Parallel midbody

Aft midbody limit  Forward midbody limit

Search For:

☐ Block Coefficient  LCB aft of FP  % DWL

☒ Prismatic Coefficient  ☐ LCF aft of FP  % DWL

☒ Midship Area Coefficient  ☐ Topside Flare  Degrees

☐ Waterplane Area Coefficient

Search

Scale To:

☒ Displacement  ☐ Beam on D/WL

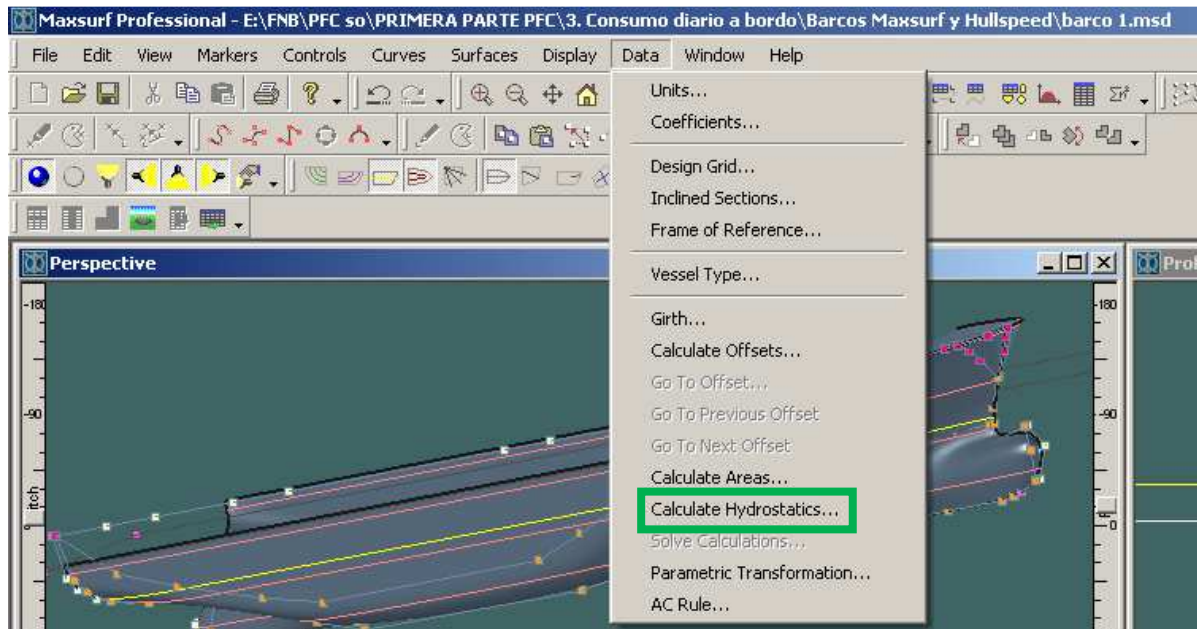
☐ Length on D/WL  ☐ Immersed Depth

Density (water)

OK Cancel

Para la confirmación del valor en cada caso, se ha de tener en cuenta una tabla dada en la opción de “Calculate Hydrostatics...” (cuadro verde imagen 5).

**Imagen 5**



Esta tabla se ilustra en la imagen 6 de la página siguiente y en ella se muestran una serie de parámetros que luego serán imprescindibles para el segundo programa a utilizar, por ello es la más importante.

Habrà una tabla para cada valor de desplazamiento.



Imagen 6

**Hydrostatics at DWL**

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	150.1	t
2	Volume (displaced)	146.434	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	1.778	m
4	WL Length	28.611	m
5	Beam max extents on WL	4.773	m
6	Wetted Area	180.074	m <sup>2</sup>
7	Prismatic coeff. (Cp)	0.637	
8	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.825	

Density (water)

Std. densities

VCG

A continuación se muestran todos los valores de esta última tabla (imagen 6) obtenidos en cada diseño para cada valor de desplazamiento:

**BARCO 1: 99.086 kg**

**BARCO 2: 317.850 kg**

**Hydrostatics at DWL**

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	99122	kg
2	Volume (displaced)	96.705	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	1.547	m
4	WL Length	24.895	m
5	Beam max extents on WL	4.153	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.638	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.838	

**Hydrostatics at DWL**

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	317927	kg
2	Volume (displaced)	310.173	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	2.281	m
4	WL Length	36.707	m
5	Beam max extents on WL	6.123	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.638	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.833	



**BARCO 3: 561.598 kg**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	561710	kg
2	Volume (displaced)	548.010	m³
3	Draft Amidships	2.757	m
4	WL Length	44.362	m
5	Beam max extents on WL	7.400	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.639	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.831	

**BARCO 4: 1.040.314 kg**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	1040579	kg
2	Volume (displaced)	1015.199	m³
3	Draft Amidships	3.385	m
4	WL Length	54.474	m
5	Beam max extents on WL	9.087	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.639	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.839	

**BARCO 5: 1.217.892 kg**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	1217733	kg
2	Volume (displaced)	1188.032	m³
3	Draft Amidships	3.563	m
4	WL Length	57.322	m
5	Beam max extents on WL	9.562	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.642	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.836	

**BARCO 6: 2.962.440 kg**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	2962956	kg
2	Volume (displaced)	2890.689	m³
3	Draft Amidships	4.789	m
4	WL Length	77.069	m
5	Beam max extents on WL	12.857	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.643	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.836	

**BARCO 7: 5.806.045 kg**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	5806164	kg
2	Volume (displaced)	5664.551	m³
3	Draft Amidships	5.992	m
4	WL Length	96.414	m
5	Beam max extents on WL	16.084	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.643	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.836	

**BARCO 8: 11.383.028 kg**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	11383245	kg
2	Volume (displaced)	11105.605	m³
3	Draft Amidships	7.493	m
4	WL Length	120.561	m
5	Beam max extents on WL	20.112	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.645	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.835	

**BARCO 9: 4.675 ton**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4676	t
2	Volume (displaced)	4561.487	m³
3	Draft Amidships	5.588	m
4	WL Length	89.891	m
5	Beam max extents on WL	14.995	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.637	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.816	

**BARCO 10: 14.139 ton**

Hydrostatics at DWL			
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	14139	t
2	Volume (displaced)	13793.854	m³
3	Draft Amidships	8.078	m
4	WL Length	129.965	m
5	Beam max extents on WL	21.681	m
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.637	
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.815	



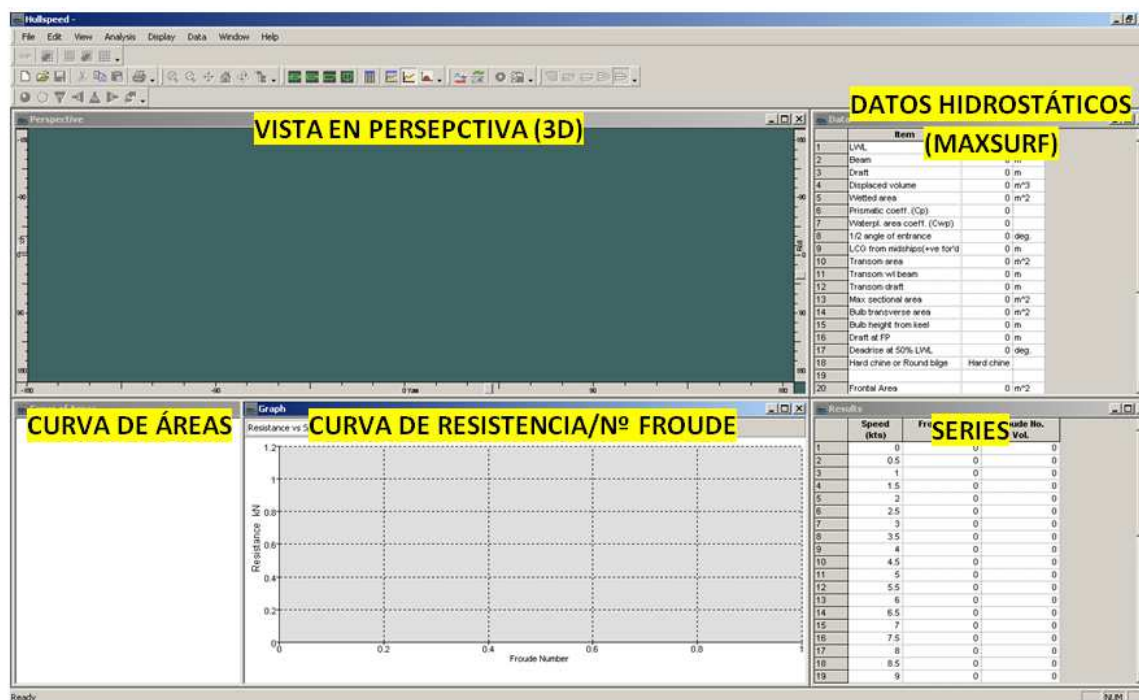
Imagen 7



Una vez hecho esto con cada valor de desplazamiento, se han guardado todos los buques diseñados. Posteriormente se han abierto con el segundo programa que se ha utilizado denominado Hullspeed. Su uso ha sido necesario para calcular la potencia necesaria

del motor para todos los desplazamientos. Para este cálculo se ha tenido en cuenta un rendimiento del motor del 40% y una velocidad media de aproximadamente 15 nudos.

Imagen 8



En la imagen 8 se diferencian todas las partes del área de trabajo. Las más importantes en este caso son dos: la que indica los datos hidrostáticos, que coincidirán con los calculados del programa anterior (Maxsurf), y la que indica el resultado de las series.



El color naranja indica que el valor es demasiado bajo, el color rojo que es demasiado alto y el negro que el valor entra dentro del rango establecido para esa serie.

### Imagen 9

	Item	Value	Units	Holtrop	Van Oortmerssen	Series60	Compton	Fung	Slender body
1	LWL	115.879	m	115.879	115.879 (low)	115.879	5.879 (low)	115.879	--
2	Beam	19.331	m	19.331	19.331	19.331	9.331 (low)	19.331	--
3	Draft	7.198	m	7.198	7.198	7.198	7.198	7.198	--
4	Displaced volume	9758.132	m^3	9758.132	9758.132 (high)	9758.132	8.132 (high)	758.132	--
5	Wetted area	2923.296	m^2	2923.296	2923.296 (high)	2923.296	2923.296	923.296	2923.296
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.639		0.639	0.639	--	--	0.639	--
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.822		0.822	--	--	--	--	--
8	1/2 angle of entrance	17.89	deg.	17.89	17.89	--	--	17.89	--
9	LCG from midships(+ve for'd)	-31.755	m	-31.755	-31.755 (low)	--	1.755 (low)	--	--
10	Transom area	0	m^2	0	--	--	--	0	--
11	Transom wl beam	13.131	m	--	--	--	--	13.131	--
12	Transom draft	0	m	--	--	--	--	0	--
13	Max sectional area	131.871	m^2	--	131.871	--	--	131.871	--
14	Bulb transverse area	8.701	m^2	8.701	--	--	--	8.701	--
15	Bulb height from keel	0	m	0	--	--	--	--	--
16	Draft at FP	3.231	m	3.231	--	--	--	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	3.64	deg.	--	--	--	--	--	--
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge		--	--	--	Round bilge	--	--
19									
20	Frontal Area	0	m^2						
21	Headwind	0	kts						
22	Drag Coefficient	0							
23	Air density	0.001	tonne/						
24	Appendage Area	0	m^2						
25	Nominal App. length	0	m						
26	Appendage Factor	1							
27									
28	Correlation allow.	0.0004		by method	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004
29	Kinematic viscosity	0000011883	m^2/s						
30	Water Density	1.026	tonne/						

# Hullspeed

de varias comprobaciones con diferentes





En la siguiente tabla se muestran los valores de la potencia correspondientes a cada barco calculadas con el programa:

**Tabla. 63: Potencias efectivas correspondientes a cada desplazamiento.**

	DESPLAZAMIENTO (kg)	POTENCIA EFECTIVA (KW)
BARCO 1	99.086	<b>1.127,63</b>
BARCO 2	317.850	<b>1.243,66</b>
BARCO 3	561.598	<b>1.395,19</b>
BARCO 4	1.040.314	<b>1.869,4</b>
BARCO 5	1.217.892	<b>2.009,1</b>
BARCO 6	2.962.440	<b>3.000,03</b>
BARCO 7	5.806.045	<b>4.151,44</b>
BARCO 8	11.383.028	<b>5.990,73</b>
BARCO 9	4.675.085	<b>3.668,98</b>
BARCO 10	14.139.194	<b>6.617,45</b>

Colocando estos valores en los rangos de la *Tabla 61 Peso total de ambos fluidos, agua y combustible, en función de los volúmenes considerados para el cálculo de tripulación mínima a bordo*, queda de la siguiente manera:

**Tabla. 64: Potencias en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	PESO POR EL COMBUSTIBLE (kg) ( $\rho = 680 \text{ kg/m}^3$ )	PESO POR EL AGUA (kg) ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ )	PESO TOTAL (kg)	POTENCIA EFECTIVA (KW)
587	63.866	35.220	99.086	<b>1.127,63</b>
1.883	204.870	112.980	317.850	<b>1.243,66</b>
3.327	361.978	199.620	561.598	<b>1.395,19</b>
6.163	670.534	369.780	1.040.314	<b>1.869,4</b>
7.215	784.992	432.900	1.217.892	<b>2.009,1</b>
17.550	1.909.440	1.053.000	2.962.440	<b>3.000,03</b>
34.396	3.742.285	2.063.760	5.806.045	<b>4.151,44</b>
67.435	7.336.928	4.046.100	11.383.028	<b>5.990,73</b>
27.696	3.013.325	1.661.760	4.675.085	<b>3.668,98</b>
83.763	9.113.414	5.025.780	14.139.194	<b>6.617,45</b>

De este modo, para cada desplazamiento se ha establecido la potencia necesaria que ha de tener el motor.



- Tripulación mínima en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque.

Es preciso recordar el cuadro indicativo de tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados y en función de la potencia efectiva del motor (tablas 50 y 51 respectivamente):

**Tabla. 50: Tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados (m3).**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº TOTAL PERSONAS
<587	2
>587 - 1.883	6
>1.883 - 3.327	8
>3.327 - 6.163	10
>6.163 - 7.215	11
>7.215 - 17.550	13
>17.550 - 34.396	14
>34.396 - 67.435	15
>67.435	16
BUQUES TANQUE	
<27.696	15
>27.696 - 34.396	16
>34.396 - 67.436	17
>67.436 - 83.763	19
>83.763	20

**Tabla. 51: Tripulación mínima para buques mercantes en función de la potencia efectiva del motor (KW).**

POTENCIA EFECTIVA (KW)	Nº TOTAL PERSONAS
<36 - 110	2
>110 - 367	3
>367 - 661	4
>661 - 918	5
>918 - 2205	7
>2205 - 3307	9
>3307	10



Según lo calculado, a cada intervalo de volumen se le atribuirá un valor de potencia:

**Tabla. 64 (simplificada): Potencias en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	POTENCIA EFECTIVA (KW)
587	1.127,63
1.883	1.243,66
3.327	1.395,19
6.163	1.869,4
7.215	2.009,1
17.550	3.000,03
34.396	4.151,44
67.435	5.990,73
27.696	3.668,98
83.763	6.617,45

**Tabla. 65: Tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque además de la tripulación con respecto a la potencia efectiva del motor.**

Tabla 51: Tripulación mínima para buques mercantes en función de la potencia efectiva del motor (KW).		Valor de V (m³)	POTENCIA EFECTIVA (KW)	Nº TOTAL PERSONAS EN FUNCIÓN DEL VOLUMEN
		<587	<1.127,63	2
		>587 - 1.883	>1.127,63 – 1.243,66	6
		>1.883 - 3.327	>1.243,66 – 1.395,19	8
		>3.327 - 6.163	>1.395,19 - 1.869,4	10
		>6.163 - 7.215	>1.869,4 - 2.009,1	11
		>7.215 - 17.550	>2.009,1 - 3.000,03	13
		>17.550 - 34.396	>3.000,03 - 4.151,44	14
		>34.396 - 67.435	>4.151,44 - 5.990,73	15
		>67.435	>5.990,73	16
		BUQUES TANQUE		
POTENCIA EFECTIVA (KW)	Nº TOTAL PERSONAS	<27.696	<3.668,98	15
>110 - 367	3	>27.696 - 34.396	>3.668,98 - 4.151,44	16
>367 - 661	4	>34.396 - 67.436	>4.151,44 - 5.990,73	17
>661 - 918	5	>67.436 - 83.763	>5.990,73 - 6.617,45	19
>918 – 2.205	7	>83.763	>6.617,45	20
>2.205 – 3.307	9			
>3.307	10			



Para el primer caso, un buque con un volumen de hasta 587 m<sup>3</sup> ha de llevar 2 tripulantes. Su motor puede llegar a tener una potencia de 1.127,63 KW, para esa potencia se exigen, como mínimo, 7 tripulantes, (Tabla 51), por lo que el número total será de 9.

El mismo procedimiento se sigue para el resto de volúmenes obteniendo:

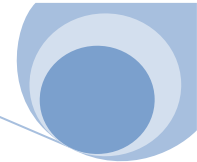
**Tabla. 66: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº TOTAL PERSONAS
<587	9
>587 - 1.883	13
>1.883 - 3.327	15
>3.327 - 6.163	17
>6.163 - 7.215	18
>7.215 - 17.550	22
>17.550 - 34.396	24
>34.396 - 67.435	25
>67.435	26
BUQUES TANQUE	
<27.696	25
>27.696 - 34.396	26
>34.396 - 67.436	27
>67.436 - 83.763	29
>83.763	30

Después de todo el proceso se ha podido establecer un número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados de un buque, ciñéndose con lo estipulado en el BOE.

Puede afirmarse que, dependiendo del volumen del barco, éste llevará a bordo una tripulación u otra. Por consiguiente, cuantas más personas haya a bordo, más consumo de agua se producirá.

En el siguiente apartado se expone cuál será este consumo.



## 5. CONSUMO DIARIO DE AGUA EN UN BUQUE

El consumo de agua en un buque está producido tanto por las actividades diarias realizadas por las personas, como por la maquinaria a bordo.

### 5.1. CONSUMO DE AGUA EN UN BUQUE PRODUCIDO POR ACTIVIDADES HUMANAS

Una vez establecido el número de personas que habrá a bordo, se ha de conocer cuál es el consumo diario de cada una de ellas.

Según la Guía Sanitaria a Bordo el agua potable de un buque se utiliza *principalmente para el consumo directo (agua de bebida, de preparación de comidas) y limpieza de los alimentos mismos y de los utensilios de cocina y comedor; también de forma secundaria para el aseo personal, lavandería, limpieza de alojamientos, etc.* Entonces, *al realizar el suministro de agua potable se tendrán en cuenta unas necesidades mínimas por tripulante y día de 32 litros para bebida y cocina y 88 litros para lavado. Estas cantidades pueden incrementarse para disponer de mayores facilidades higiénicas, alcanzándose consumos de unos 200 litros/tripulante/día.*

Según lo citado, se cogerá como dato el valor máximo de 200 L/día/tripulante. Este valor se multiplicará por cada tripulante a bordo. El resultado obtenido será el consumo diario total del buque, producido por las actividades rutinarias de los tripulantes según el volumen de todos los espacios cerrados.

A la *Tabla. 66: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados*, se le añadirá una columna con el resultado de multiplicar el número de personas por los 200 litros diarios consumidos:



**Tabla. 67: Consumo diario de agua en un buque mercantes en función del número de tripulantes.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	Nº TOTAL PERSONAS	CONSUMO DIARIO DE AGUA (L)
<587	9	<b>1.800</b>
>587 - 1.883	13	<b>2.600</b>
>1.883 - 3.327	15	<b>3.000</b>
>3.327 - 6.163	17	<b>3.400</b>
>6.163 - 7.215	18	<b>3.600</b>
>7.215 - 17.550	22	<b>4.400</b>
>17.550 - 34.396	24	<b>4.800</b>
>34.396 - 67.435	25	<b>5.000</b>
>67.435	26	<b>5.200</b>
BUQUES TANQUE		
<27.696	25	<b>5.000</b>
>27.696 - 34.396	26	<b>5.200</b>
>34.396 - 67.436	27	<b>5.400</b>
>67.436 - 83.763	29	<b>5.800</b>
>83.763	30	<b>6.000</b>

En el siguiente cuadro se ilustra el consumo semanal, mensual y anual en función del consumo diario visto en la tabla anterior:



**Tabla. 68: Consumo de agua en un buque mercante en función del volumen de todos los espacios cerrados.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DE AGUA (L/día)	CONSUMO DE AGUA (L/semana)	CONSUMO DE AGUA (L/mes)	CONSUMO DE AGUA (L/3 meses)	CONSUMO DE AGUA (L/año)
<587	1.800	12.600	54.000	162.000	657.000
>587 - 1.883	2.600	18.200	78.000	234.000	949.000
>1.883 - 3.327	3.000	21.000	90.000	270.000	1.095.000
>3.327 - 6.163	3.400	23.800	102.000	306.000	1.241.000
>6.163 - 7.215	3.600	25.200	108.000	324.000	1.314.000
>7.215 - 17.550	4.400	30.800	132.000	396.000	1.606.000
>17.550 - 34.396	4.800	33.600	144.000	432.000	1.752.000
>34.396 - 67.435	5.000	35.000	150.000	450.000	1.825.000
>67.435	5.200	36.400	156.000	468.000	1.898.000
BUQUES TANQUE					
<27.696	5.000	35.000	150.000	450.000	1.825.000
>27.696 - 34.396	5.200	36.400	156.000	468.000	1.898.000
>34.396 - 67.436	5.400	37.800	162.000	486.000	1.971.000
>67.436 - 83.763	5.800	40.600	174.000	522.000	2.117.000
>83.763	6.000	42.000	180.000	540.000	2.190.000

## 5.2. CONSUMO DE AGUA EN UN BUQUE PRODUCIDO POR LA MAQUINARIA A BORDO

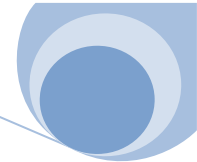
En un buque hay una serie de elementos imprescindibles de instalar y que además consumen agua destilada, éstos son tres:

- Depuradora de fuel-oil.
- Depuradora de gas-oil.
- Depuradora de aceite.

Además también se encuentra el circuito de vapor que se alimenta con esta agua.

- Depuradoras

Tanto el combustible como el aceite, necesitan un tratamiento previo antes de poder disponer de su uso. Este tratamiento se realiza mediante una depuradora que se



encarga de eliminar los restos de lodos y/o sólidos que se puedan encontrar en estos fluidos.

El principio de funcionamiento de estas maquinas es el de utilizar la fuerza centrífuga para conseguir retener las partículas más pesadas en la parte externa de un recipiente rotatorio. La retención se logra gracias a la introducción de agua que hace posible la separación entre el fluido más sucio y el más limpio que asciende hacia el exterior del recipiente en el que se realiza la separación.

A bordo de un buque mercante se ha de disponer como mínimo de dos depuradoras de fuel-oil, una de servicio y otra de respeto que se utilizará cuando se realicen operaciones de mantenimiento y/o limpieza en la primera.

También se dispondrán de dos depuradoras de aceite como mínimo por el mismo motivo que el anterior. Sin embargo, depuradoras para el diesel-oil se puede abastecer el servicio con tan solo una, ya que este combustible se utilizará únicamente en las operaciones de maniobra del buque y su uso no es tan continuado.

Por tanto habrá cinco depuradoras: dos de fuel-oil, dos de aceite y una de diesel-oil. Funcionando diariamente con el buque en ruta estarán, una de fuel-oil y otra de aceite. La de diesel-oil se pondrá en marcha cuando el buque esté en puerto.

El consumo de una depuradora se definirá teniendo en cuenta las informaciones que facilitan los fabricantes de estos productos. El escogido para el presente trabajo ha sido el de la marca *FOCUS* del proveedor *Alfa Laval*.





## Imagen 10

Fuente: <http://www.alfalaval.com>

Technical data and utilities consumption

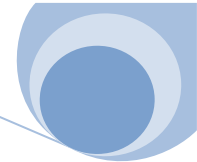
Unit type	FOCUS 12	FOCUS 18	FOCUS 25	FOCUS 40	FOCUS 50
Main supply voltage	3-phase 400/ 440 / 480 V $\pm$ 10 %				
Control voltage	24 V DC / 230 V AC				
Frequency	50 or 60 Hz $\pm$ 5 %				
Water supply pressure	200 to 600 kPa				
Oil inlet pressure	Flooded suction				
Oil outlet pressure, max.	350 kPa	250 kPa	350 kPa	400 kPa	400 kPa
Instrument air pressure	500 kPa to 750 kPa				
Sludge outlet pressure, max.	300 kPa at 500 kPa air pressure				
Enclosure class, min.	IP 54				
Electric power consumption	14.0 KW	15.4 KW	19.5 KW	28.0 KW	28.5 KW
Water consumption (per discharge)	24 litres	40 litres	40 litres	40 litres	40 litres
Air consumption (per discharge)	Approximately 1 Nm <sup>3</sup> , max. flow 150 NI/min.				

Este fabricante facilita el consumo para diferentes capacidades según el modelo: FOCUS 12, FOCUS 18, FOCUS 25, FOCUS 40 Y FOCUS 50, ordenados de manera ascendiente en función de la capacidad de trabajo. Se escogerá el modelo FOCUS 50 siendo éste el de mayor capacidad y el que mayor consumo de agua tiene, para así tener un margen considerable de consumo a bordo del buque.

El modelo escogido tiene un consumo de 40 litros de agua por cada descarga que realiza, la descarga se realiza cada hora para evacuar los sólidos retenidos. En un día de servicio consumirá 960 litros de agua.

En el Anexo C se adjunta el catálogo del fabricante del que se ha extraído la información necesaria, además de la explicación detallada de su principio básico de funcionamiento.

Teniendo en cuenta diferentes tiempos de ruta se asumirá:



**Tabla. 69: Consumo de agua a bordo de un buque, producido por las depuradoras.**

TIEMPO DE RUTA	CONSUMO DE AGUA (L)			
	DEPURADORA DE FUEL-OIL	DEPURADORA DE ACEITE	DEPURADORA DE DIESEL-OIL	TOTAL
1 DÍA	960	960	960	<b>2.880</b>
1 SEMANA	6.720	6.720	6.720	<b>20.160</b>
1 MES	26.880	26.880	26.880	<b>80.640</b>
HASTA 3 MESES	80.640	80.640	80.640	<b>241.920</b>

Una observación importante a tener en cuenta, es que estas cantidades de agua reflejadas en la tabla anterior son desechadas en el momento de su uso, es decir, cuando se produce esta cantidad de agua en el generador, no se almacenará en el tanque de agua dulce, sino que pasa a realizar las diferentes funciones mencionadas, una vez finaliza su recorrido se desecha al tanque de lodos.

- Circuito de vapor

El circuito de vapor está alimentado por una caldera que se encarga de evaporar agua y distribuirla a diferentes partes del buque. El agua evaporada en la caldera proviene de la que se produce en el generador de agua dulce. La función del vapor producido es el de realizar la calefacción de todos los tanques de fuel (sedimentación, uso diario y almacén), de los motores y del agua sanitaria.

Mediante la consulta de varios proyectos de embarque de alumnos de la Facultad de Náutica de Barcelona, en los cuales se detallan las instalaciones de los buques en los que han estado embarcados, se puede extraer un consumo medio de la caldera de 1.000 L/h, equivalente a 24.000 litros en un día.

Para varios intervalos de tiempo el consumo se refleja a continuación:



**Tabla. 70: Consumo de agua producido por la caldera.**

PERÍODO DE TIEMPO	CONSUMO DE AGUA (L)
1 DÍA	<b>24.000</b>
1 SEMANA	<b>168.000</b>
1 MES	<b>672.000</b>
HASTA 3 MESES	<b>2.016.000</b>

Como en el caso de las depuradoras, el agua que se usa en la caldera tampoco se almacena en el tanque de agua dulce, sino en un tanque de purgas que es donde acaba el recorrido del vapor una vez condensado. Este tanque se mantiene lleno alimentándolo del agua producida en el generador.

Sumando el consumo de toda la maquinaria mencionada se consigue los valores reflejados en la tabla 71:

**Tabla. 71: Consumo de agua en un buque producido por la maquinaria a bordo**

TIEMPO DE RUTA	CONSUMO DE AGUA (L)		
	TOTAL DEPURADORAS	CALDERA	TOTAL
1 DÍA	2.880	24.000	<b>26.880</b>
1 SEMANA	20.160	168.000	<b>188.160</b>
1 MES	80.640	672.000	<b>752.640</b>
HASTA 3 MESES	241.920	2.016.000	<b>2.257.920</b>

Añadiendo este consumo a los de la *Tabla. 68: Consumo de agua en un buque mercante en función del volumen de todos los espacios cerrados*, en la que se indicaban los consumos producidos por las actividades rutinarias de los tripulantes, se consiguen los siguientes valores como resultado:



**Tabla. 72: Consumo de agua en un buque producido por la tripulación y maquinaria a bordo.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DE AGUA (L/día)	CONSUMO DE AGUA (L/semana)	CONSUMO DE AGUA (L/mes)	CONSUMO DE AGUA (L/3 meses)
<587	28.680	200.760	806.640	2.419.920
>587 - 1.883	29.480	206.360	830.640	2.491.920
>1.883 - 3.327	29.880	209.160	842.640	2.527.920
>3.327 - 6.163	30.280	211.960	854.640	2.563.920
>6.163 - 7.215	30.480	213.360	860.640	2.581.920
>7.215 - 17.550	31.280	218.960	884.640	2.653.920
>17.550 - 34.396	31.680	221.760	896.640	2.689.920
>34.396 - 67.435	31.880	223.160	902.640	2.707.920
>67.435	32.080	224.560	908.640	2.725.920
BUQUES TANQUE				
<27.696	31.880	223.160	902.640	2.707.920
>27.696 - 34.396	32.080	224.560	908.640	2.725.920
>34.396 - 67.436	32.280	225.960	914.640	2.743.920
>67.436 - 83.763	32.680	228.760	926.640	2.779.920
>83.763	32.880	230.160	932.640	2.797.920

Los valores de la segunda columna (consumo de agua L/día), indican la capacidad de producción que tendrá el generador de agua a bordo, para que pueda abastecer todos los servicios mencionados.

### 5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA

Habiendo calculado en el apartado anterior el consumo de agua abordado ilustrado en la tabla 72 y el precio medio de su suministro (0,03521 €/L), multiplicando uno por otro puede conocerse cuál es la repercusión económica de un buque para aprovisionarse de este bien.



**Tabla. 73: Repercusión económica producida por el aprovisionamiento de agua en los buques, para diferentes períodos.**

Valor de V (m3)	€/DÍA	€/SEMANA	€/MES	€/AÑO
<587	1.009,82	7.068,76	28.401,79	368.585,32
>587 - 1.883	1.037,99	7.265,94	29.246,83	378.866,64
>1.883 - 3.327	1.052,07	7.364,52	29.669,35	384.007,30
>3.327 - 6.163	1.066,16	7.463,11	30.091,87	389.147,96
>6.163 - 7.215	1.073,20	7.512,41	30.303,13	391.718,29
>7.215 - 17.550	1.101,37	7.709,58	31.148,17	401.999,61
>17.550 - 34.396	1.115,45	7.808,17	31.570,69	407.140,27
>34.396 - 67.435	1.122,49	7.857,46	31.781,95	409.710,60
>67.435	1.129,54	7.906,76	31.993,21	412.280,93
BUQUES TANQUE				
<27.696	1.122,49	7.857,46	31.781,95	409.710,60
>27.696 - 34.396	1.129,54	7.906,76	31.993,21	412.280,93
>34.396 - 67.436	1.136,58	7.956,05	32.204,47	414.851,26
>67.436 - 83.763	1.150,66	8.054,64	32.626,99	419.991,92
>83.763	1.157,70	8.103,93	32.838,25	422.562,25
<b>VALOR MEDIO</b>	<b>1.100,36</b>	<b>7.702,54</b>	<b>31.117,99</b>	<b>401.632,42</b>

La repercusión económica para buques de diferentes dimensiones, no sufre una gran variación entre cada uno de ellos, por ello se calcula un valor medio sin tener en cuenta el volumen de los espacios cerrados.

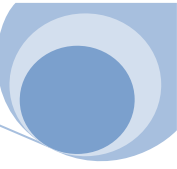


## 6. DATOS CONCLUYENTES DEL PRIMER ANÁLISIS

En el siguiente cuadro se resume todos los datos obtenidos y que serán concluyentes para realizar el balance final junto con los datos del generador de agua dulce:

### ANÁLISIS 1

APARTADO	DATOS OBTENIDOS		
2. DEMANDA DE AGUA POR BUQUES MERCANTES, EN LOS PUERTOS DE LA COSTA ESPAÑOLA	660.000 L/anuales	54.994 L/mensuales	12.692 L/semanales
3. PRECIO DEL SUMINISTRO DE AGUA EN LOS PUERTOS DE LA COSTA ESPAÑOLA	0,03521 €/L		
5. CONSUMO DIARIO DE AGUA EN UN BUQUE	200 L/persona/día	26.880 L/máquina/día	
	TOTAL: $200 \times n^{\circ}\text{personas} + 26.880 \text{ L/día}$		
5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA	7.702,54 €/semana	31.117,99 €/mes	401.632,42 €/año





# CAPÍTULO 2

---

## ANÁLISIS DEL GENERADOR DE AGUA DULCE INSTALADO A BORDO DE UN BUQUE MERCANTE

---





## 7. ESTUDIO DESCRIPTIVO Y ANALÍTICO DE UN GENERADOR DE AGUA DULCE POR DESTILACIÓN

El generador destila agua de mar utilizando como fuente de energía el calor residual desprendido en la combustión del motor.

El principio de funcionamiento es el siguiente:

- El calor desprendido en la combustión del motor se transfiere al agua salada
- El agua salada absorbe el calor transmitido y se evapora
- En el cambio de estado, el vapor de agua se separa de las sales
- Seguidamente se condensa el vapor para obtener agua destilada

Normalmente, para evaporar agua salada a presión atmosférica, se necesita elevar su temperatura a 100 grados centígrados. En el caso del generador no se dispone de tanta temperatura por ello es preciso bajar la presión del interior de la carcasa y disminuir así la temperatura de evaporación para que pueda realizarse el cambio de estado.

### Imagen 11

*Fuente: "Problemas de termodinámica técnica" José Segura, Juan Rodríguez*

En tablas que indican las propiedades del agua saturada se aprecia esta característica (Imagen 11).

Puede verse cómo a los 100 grados centígrados la presión necesaria para encontrarse en el punto de saturación es la atmosférica (1,014 bares redondeando el valor). A medida que la presión aumenta la temperatura de saturación también lo hace, y viceversa.

Temp, °C	Presión bar
50	0,1235
55	0,1576
60	0,1994
65	0,2503
70	0,3119
75	0,3858
80	0,4739
85	0,5783
90	0,7014
95	0,8455
100	1,014
110	1,433
120	1,985
130	2,701
140	3,613
150	4,758
160	6,178
170	7,917
180	10,02
190	12,54
200	15,54



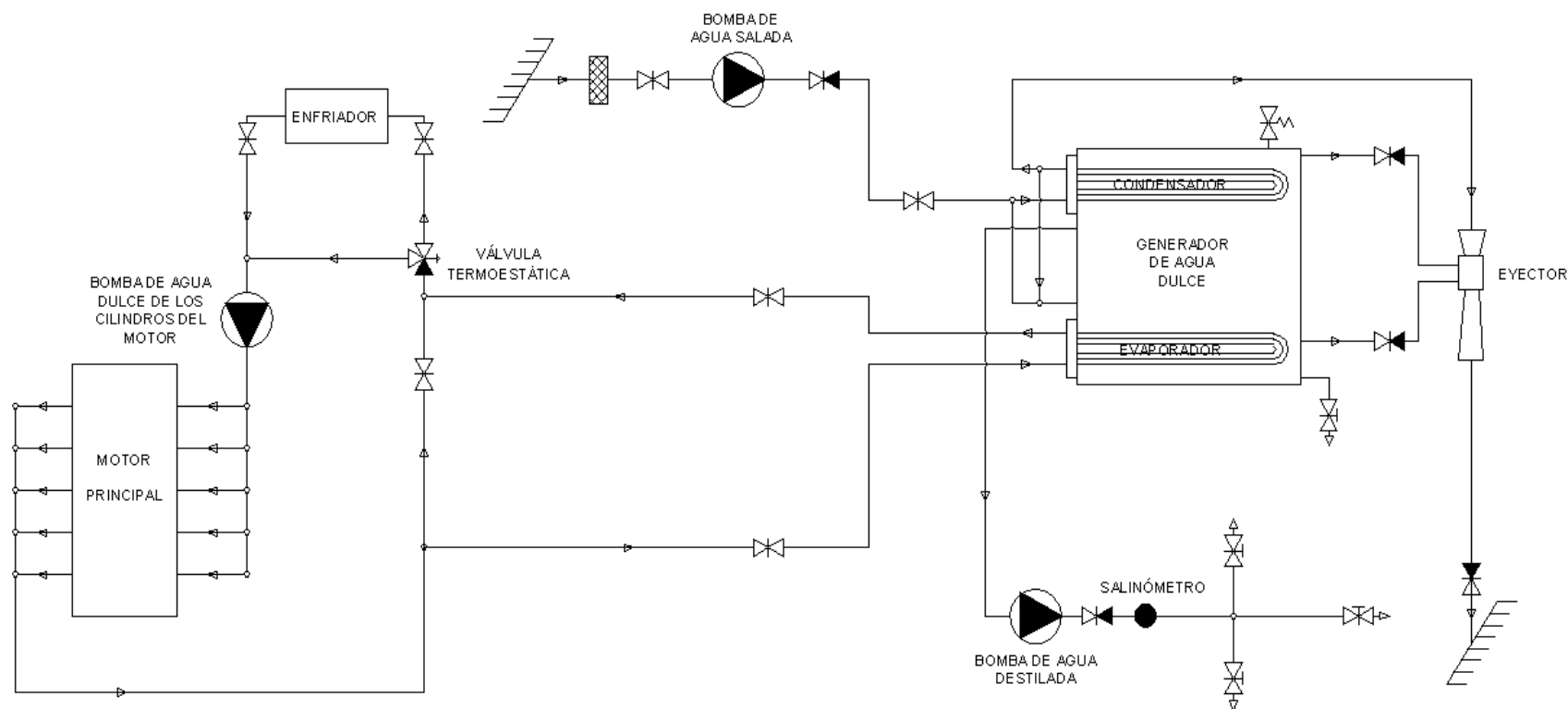
Por todo ello, es necesario realizar un vacío en el interior de la carcasa del generador para conseguir que el agua de mar se evapore sin tener que llegar a los 100 grados centígrados.

La temperatura a la que suele evaporar el agua salada en un generador de agua es de 45°C, para ello, mirando la tabla de la imagen anterior, se necesita realizar una presión de 0,09593 bares, este vacío interno se consigue gracias a la instalación de un eyector.

A modo de ejemplo, en el Anexo D se han añadido los datos de un generador presente en el mercado para verificar el dato de la temperatura.



## 7.1. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO INTERNO





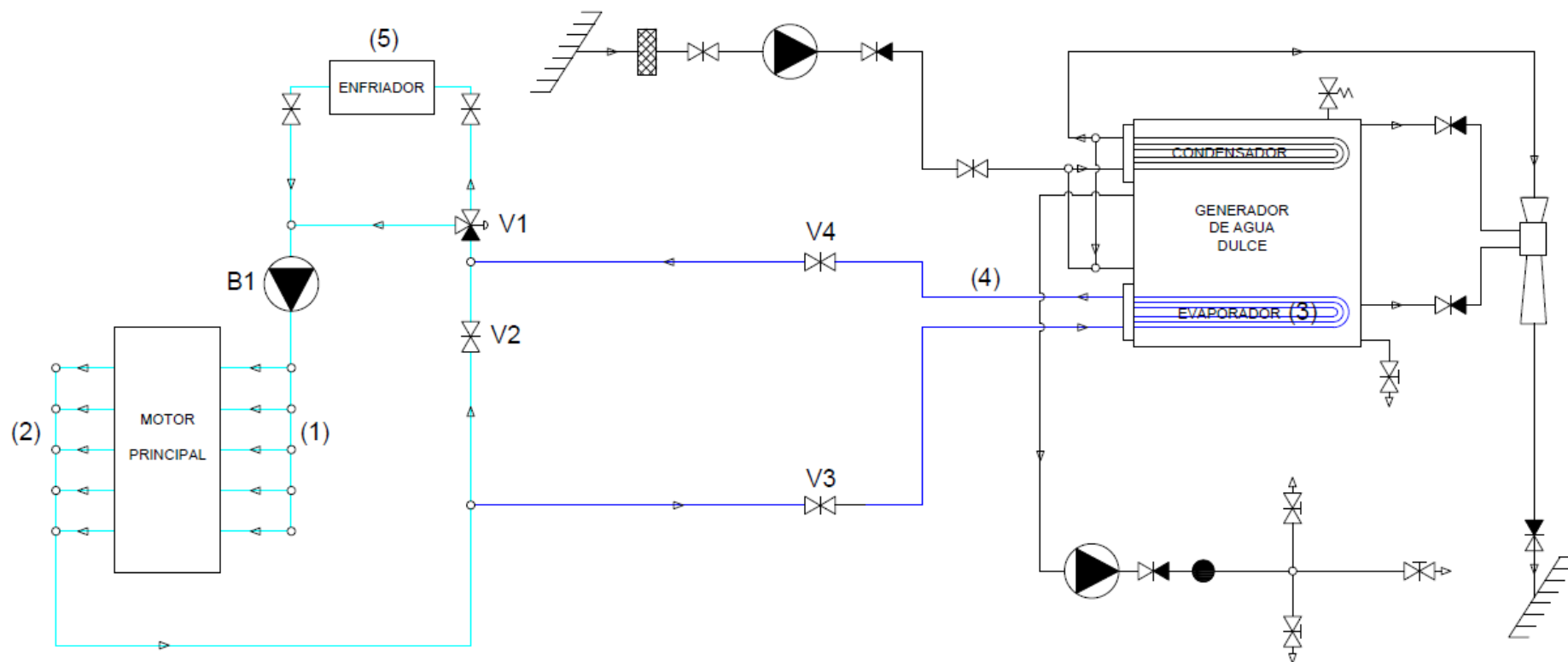
Los elementos principales que forman el generador de agua dulce son:

- Evaporador (serpentín por el que circula el agua caliente de los cilindros del motor)
- Condensador (serpentín por el que circula agua de mar)
- Eyector (baja la presión en el interior del generador)
- Salinómetro (mide la cantidad de sales en el agua destilada)
- Bomba de agua salada
- Bomba de agua dulce de los cilindros del motor
- Bomba de agua destilada
- Válvula termostática para el agua de los cilindros del motor

El generador de agua dulce está compuesto por tres circuitos diferenciados:

- El circuito de agua caliente, proveniente de los cilindros del motor principal
- El circuito de agua salada bombeada del mar
- El circuito de agua destilada producida por el generador

- El circuito de agua caliente, proveniente de los cilindros del motor



LEYENDA DE COLORES	
	RECORRIDO DEL AGUA DULCE SIN EL FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR
	RECORRIDO DEL AGUA DULCE CON EL FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR



El primer circuito es cerrado, es decir, el agua que circula por el interior de los tubos siempre es la misma y sigue un mismo recorrido.

El agua dulce entra en el motor para absorber el calor de los cilindros producido por la combustión (1), a la salida del mismo ha sufrido un incremento con respecto a su temperatura inicial (2). El agua ahora caliente, circula hacia el interior del generador de agua dulce formando un serpentín (3) y haciendo la función de evaporador, por lo que cederá calor al agua de mar que estará en contacto con los tubos, por lo que seguidamente saldrá del generador habiendo disminuido su temperatura (4).

En este proceso la variación de temperatura no es muy elevada pudiendo estar el agua demasiado caliente como para entrar de nuevo en los cilindros del motor. Si se da el caso, antes pasará por un enfriador (5), de lo contrario, entrará directamente para refrigerar reiteradamente los cilindros. Este mecanismo de desviación hacia el enfriador estará regulado por una válvula termostática de tres vías (V1), situada entre la entrada al motor y el enfriador.

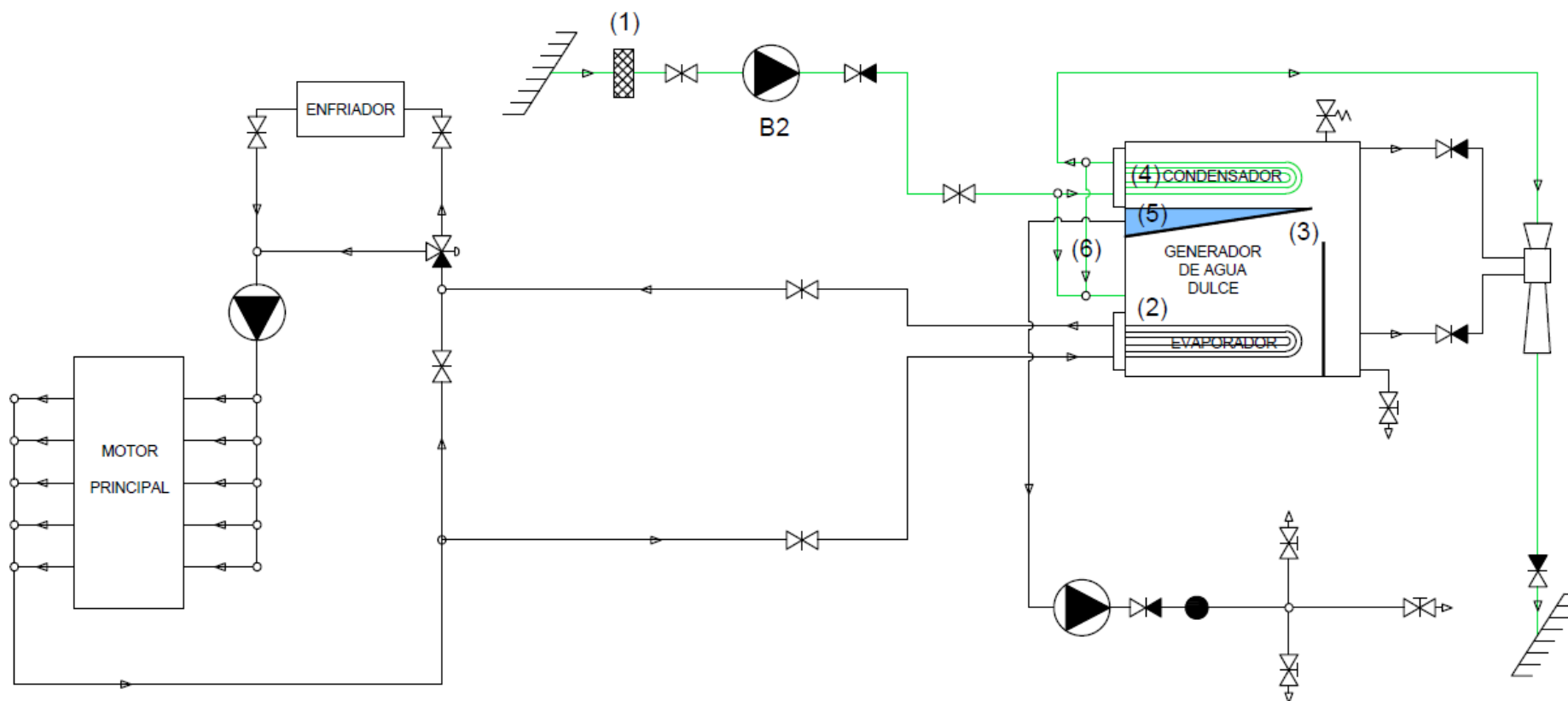
Este circuito es el que hay en todos los motores marinos, tenga el buque o no generador de agua dulce, la variante se encuentra en el recorrido de la instalación. Si se dispone de generador de agua dulce, el agua de los cilindros hará un mayor recorrido pasando por el interior del mismo y bajando su temperatura. Si no hay generador de agua dulce a bordo, la longitud del circuito se reduce ya que el agua sólo tendrá que pasar por el interior del motor y del enfriador cada vez. Ambos recorridos están diferenciados en el circuito anterior.

Aunque también se coloca una válvula que hace de by-pass (V2) por si el generador está parado y únicamente se quiere refrigerar el motor, cerrando además V3 y V4.

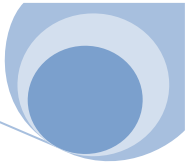
En cualquier caso se instalará una bomba de agua dulce para impulsar la misma durante su recorrido (B1).

A diferencia de este circuito, los otros dos sólo se instalan a bordo si se dispone del elemento destilador.

- El circuito de agua salada bombeada del mar



Es el más importante de todos ellos, ya que es el que alimenta el generador para realizar la evaporación del agua salada, además de hacer de condensador de las partículas de vapor generadas.



El circuito empieza en una toma de mar (1) desde la cual se bombea el agua salada hacia el interior del generador, de manera que se pone en contacto con el serpentín de agua caliente (2) proveniente de los cilindros del motor. Gracias al calor cedido por el serpentín y a la baja presión del recipiente, se generan partículas de vapor que ascienden por gravedad a la parte superior del mismo hasta encontrarse con la cara inferior de una bandeja (3), su posición inclinada asegurar que las partículas que puedan contener humedad vuelvan a descender al serpentín evaporador. Las partículas secas llegan a un serpentín superior por el interior del cual circula agua de mar, haciendo así de condensador (4). Al ponerse en contacto con los tubos fríos las partículas pasan a estado líquido y aumentan su densidad, motivo por el cual las partículas descienden quedando agrupadas en la parte superior de la bandeja inclinada (5).

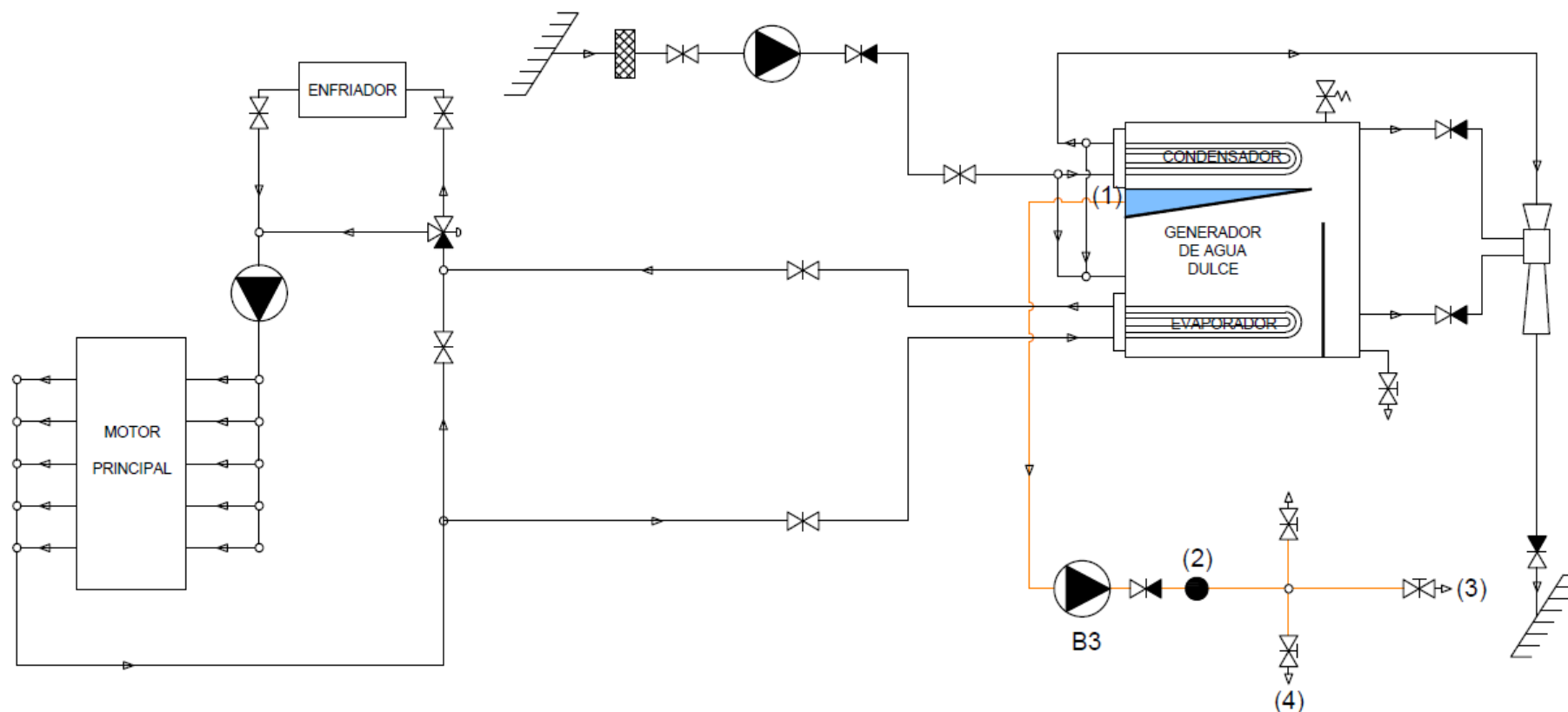
En el extremo de la bandeja donde el nivel de agua destilada es más elevado se encuentra el inicio del tercer circuito.

El agua salada del interior de los tubos que hacen de condensador, absorbe calor de las partículas de vapor que se han puesto en contacto con los mismo, por lo que al final del recorrido, el agua de mar ha aumentado su temperatura. Por ello, se aprovecha el fluido salado caliente para reintroducirlo en la parte inferior del generador de agua (6).

Para el abastecimiento del presente circuito se dispone de una bomba de agua salada (B2).

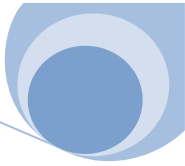


- El circuito de agua destilada producida por el generador



El agua destilada succionada de la bandeja (1) se hace pasar por un salinómetro (2) para conocer la cantidad de sales que contiene. Si el valor es apto el agua se recircula al tanque de almacenamiento (3), en caso contrario se desecha hacia sentina (4).

Para todo ello se dispone de una bomba para el agua destilada (B3).



## 7.2. ELEMENTOS QUE CONSUMEN ENERGÍA

Como ya se ha comentado, de los tres circuitos mencionados anteriormente sólo el de agua salada y el de agua destilada son los que se han de instalar de más si el buque tiene un generador de agua dulce a bordo. Para cada uno se necesita disponer de una bomba que haga circular el fluido por el interior de los tubos. El consumo de estas dos bombas son las que van a definir el coste de producción del agua destilada.

Para conocer la potencia de cada bomba se ha de tener en cuenta el caudal de agua que han de bombear en cada caso.

- Circuito de agua salada

El caudal que va mover la bomba de este circuito viene definido por los siguientes factores:

- cantidad de calor que transmite el agua dulce en el evaporador
- cantidad de calor que aporta el vapor de agua en el condensado
- vacío a realizar por el eyector

El primer factor influye en el caudal tanto que: la cantidad de agua a introducir ha de ser suficiente para absorber el calor transmitido por el agua de refrigeración del motor y mantener el nivel constante para inundar por completo el serpentín que hace de evaporador y no quemar los tubos.

A su vez, el segundo factor también influye en el caudal de esta bomba tanto que: la cantidad de agua salada que circula en el condensador ha de ser suficiente para absorber el calor del vapor y hacer que se condense.

Mientras que el tercer factor influye en que: la fuerza del agua salada que circulara por el eyector ha de ser capaz de realizar el vacío deseado.



- Circuito de agua destilada

La potencia de la bomba para este circuito va en función de la capacidad de producción del generador. Ha de tener la fuerza necesaria para bombear el agua destilada por el generador.

### **7.3. PROCESADO DE LAS ECUACIONES PARA CONOCER LA CAPACIDAD DE LAS BOMBAS**

Un generador de agua dulce, como ya se ha visto, está compuesto por dos elementos principales: un evaporador y un condensador.

En ambos se realiza un intercambio de calor de un fluido a otro, de manera que se consigue cumplir con el objetivo que tiene cada elemento. En el caso del evaporador, se pretende conseguir realizar el cambio de estado de líquido a vapor, mientras que en el condensador interesa licuar el vapor generado.

En todo caso, hay que definir una serie de parámetros para cada elemento antes de empezar con los cálculos pertinentes:

- 1º. Fluido que circula por el interior de los tubos: es el que no sufre cambio de estado.
- 2º. Fluido que circula por el exterior de los tubos: es el que sufre cambio de estado.
- 3º. Fluido que transfiere el calor (o fluido caliente).
- 4º. Fluido que absorbe el calor (o fluido frío).
- 5º. El fluido que ha sufrido el cambio de estado lo ha hecho con o sin variación de temperatura.
- 6º. Definir las temperaturas inicial y final de cada fluido.
- 7º. Fluido obtenido al final del proceso.

Tanto para el elemento evaporador como condensador se definirá cada parámetro mencionado, además de las siglas que definirán cada fluido según su condición.



- Evaporador

1º. Fluido que circula por el interior de los tubos: es el que no sufre cambio de estado.

AD: agua dulce de refrigeración del motor principal.

2º. Fluido que circula por el exterior de los tubos: es el que sufre cambio de estado.

AS: agua salada del mar.

3º. Fluido que transfiere el calor (o fluido caliente).

AD: agua dulce de refrigeración del motor principal.

4º. Fluido que absorbe el calor (o fluido frío).

AS: agua salada del mar.

5º. El fluido que ha sufrido el cambio de estado lo ha hecho con o sin variación de temperatura.

Con variación de temperatura ( $\Delta T$ ).

6º. Definir las temperaturas inicial y final de cada fluido.

AD<sub>C</sub>: el agua dulce de refrigeración del motor entra en el evaporador a alta temperatura ( $T_{1AD}$ ).

AD<sub>F</sub>: el agua dulce de refrigeración del motor sale del evaporador habiendo disminuido su temperatura ( $T_{2AD}$ ).

AS<sub>F</sub>: el agua salada del mar entra al evaporador con una temperatura baja ( $T_{1AS}$ ).

AS<sub>C</sub>: el agua salada del mar eleva su temperatura y se evapora ( $T_{2AS}$ ).

7º. Fluido obtenido al final del proceso.

V: vapor saturado seco, es decir, sin humedad.

**Tabla. 74: Características de cada fluido dentro del evaporador.**

FLUIDO	1º	2º	3º	4º	5º	6º		7º
						T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	
AD	X		X					
AS		X		X	$\Delta T$			
AD <sub>F</sub>							X	
AD <sub>C</sub>						X		
AS <sub>F</sub>						X		
AS <sub>C</sub>							X	
V								X

Mediante esta tabla se resumen las características de cada fluido dentro del evaporador y el proceso se describe de la siguiente manera:

El agua dulce de refrigeración del motor (AD) entra en el circuito que hace de evaporador con una temperatura elevada (AD<sub>C</sub>). Esta agua circula por el interior de los tubos y durante su recorrido cede calor al agua salada proveniente del mar (AS). Al terminar el recorrido, sale con una temperatura final menor que la inicial (AD<sub>F</sub>) ( $T_{1AD} > T_{2AD}$ ). Mientras, el agua salada que se encuentra en la parte exterior, absorbe el calor cedido aumentando así su temperatura final (AS<sub>C</sub>) ( $T_{1AS} < T_{2AS}$ ) hasta conseguir su evaporación (V).

▪ Condensador

1º. Fluido que circula por el interior de los tubos: es el que no sufre cambio de estado.

AS: agua salada del mar.

2º. Fluido que circula por el exterior de los tubos: es el que sufre cambio de estado.

V: vapor saturado seco, es decir, sin humedad.

3º. Fluido que transfiere el calor (o fluido caliente).

V: vapor saturado seco, es decir, sin humedad.

4º. Fluido que absorbe el calor (o fluido frío).

AS: agua salada del mar.



5º. El fluido que ha sufrido el cambio de estado lo ha hecho con o sin variación de temperatura.

Sin variación de temperatura ( $T^a \approx \text{cte}$ ).

6º. Definir las temperaturas inicial y final de cada fluido.

$AS_F$ : el agua salada del mar entra al condensador con una temperatura baja.

$AS_C$ : el agua salada del mar eleva su temperatura en el condensador.

V: el vapor saturado seco entra con una temperatura alta y no sufre variación de temperatura.

7º. Fluido obtenido al final del proceso.

DEST: agua destilada obtenida de la condensación del vapor saturado seco.

**Tabla. 75: Características de cada fluido dentro del condensador.**

FLUIDO	1º	2º	3º	4º	5º	6º		7º
						$T_1$	$T_2$	
AS	X			X				
$AS_F$						X		
$AS_C$							X	
V		X	X		$T^a \approx \text{cte}$	$T_1 \approx T_2$		
DEST								X

De la misma manera que en el evaporador, esta tabla recoge las características de los fluidos en el condensador, pudiendo describirse el proceso de la siguiente forma:

El agua salada proveniente del mar (AS) entra en el circuito que hace de condensador con una temperatura baja ( $AS_F$ ). Durante su recorrido por los tubos absorbe calor del vapor que se encuentra en el exterior elevando su temperatura unos grados ( $AS_C$ ), de manera que su temperatura a la entrada es inferior a la de salida ( $T_{1AS} < T_{2AS}$ ). Mientras, el vapor de agua (V) cede todo el calor necesario para cambiar de estado sin variar su temperatura ( $T^a \approx \text{cte}$ ), al condensarse se obtiene el agua destilada deseada (DEST).



- Ecuaciones

Una vez vistos los procesos que sigue cada fluido tanto en el evaporador como en el condensador, se pueden establecer los cálculos necesarios para conocer los caudales aptos para cada caso.

En general se puede hablar de dos ecuaciones pertinentes al cálculo del calor, puede utilizarse una u otra dependiendo de si el intercambio de calor se realiza a temperatura constante o no.

Cuando el fluido sufre una variación de temperatura en el proceso, el calor viene definido por:

$$q = \dot{m}C_p(T_2 - T_1) \text{EQUACIÓN 1}$$

Donde:

q: calor transferido en el sistema [KW]

$\dot{m}$ : flujo másico o cantidad de masa de fluido que pasa en un instante de tiempo [kg/s = L/s]

$C_p$ : calor específico a la temperatura media entre  $T_1$  y  $T_2$  [KJ/kg°C], o cantidad de calor que necesita un quilogramo de masa de ese fluido para elevar su temperatura un grado centígrado

$T_1$ : temperatura del fluido al inicio del proceso [°C]

$T_2$ : temperatura del fluido al final del proceso [°C]

Cuando el fluido realiza el intercambio a temperatura constante el calor viene definido por:

$$q = \dot{m}L \text{EQUACIÓN 2}$$

Donde:

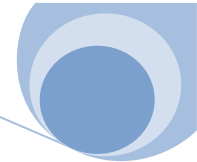
q: calor transferido en el sistema [KW]



$\dot{m}$ : flujo másico o cantidad de masa de fluido que pasa en un instante de tiempo [kg/s  
= L/s]

L: calor latente [KJ/kg] o calor que cede o absorbe un fluido para cambiar de estado a temperatura constante





## 8. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS CAUDALES

Una vez conocidas las transiciones por las que pasa el fluido en cada caso, es necesario establecer y conocer de qué datos se dispone y qué datos se van a extraer de cada ecuación. Para ello, también se va a clasificar la información, según se trate del evaporador o del condensador.

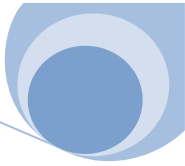
### 8.1. DATOS DEL EVAPORADOR

La cantidad de agua salada que vaya a introducirse en el interior del generador de agua dulce, dependerá de la cantidad de calor que desprenda el agua dulce procedente de los cilindros del motor.

Los datos de los que se dispone, gracias al primer análisis realizado en el presente proyecto, son los valores de potencias efectivas correspondientes a un volumen de los espacios cerrados según el buque, esto se encuentra reflejado en la *Tabla. 64 (simplificada): Potencias en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque* mostrada a continuación:

**Tabla. 64 (simplificada): Potencias en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	POTENCIA EFECTIVA (KW)
587	1.127,63
1.883	1.243,66
3.327	1.395,19
6.163	1.869,4
7.215	2.009,1
17.550	3.000,03
34.396	4.151,44
67.435	5.990,73
27.696	3.668,98
83.763	6.617,45



Sin embargo, esta potencia no es el valor que se necesita conocer para el cálculo del caudal de agua dulce. En un motor puede hablarse de tres potencias diferenciadas:

- Potencia total de entrada: es la potencia que entrega el motor para mover la hélice. Este valor no se transmite al 100% a causa de las pérdidas existentes. Consecuentemente, se ha de tener en cuenta un rendimiento medio del motor, siendo éste normalmente del 40%, quedando un 60% correspondiente a las pérdidas que sufre la transmisión de movimiento/energía.
- Potencia efectiva: es la que realmente es transmitida a la hélice y su valor es del 40% de la total.
- Potencia disipada: es la parte de la energía que se pierde en forma de calor y la que hace necesaria disponer de un circuito de refrigeración. Esta potencia es la que se tiene en cuenta a la hora de calcular el caudal necesario para absorber ese calor desprendido y representa el 60% restante de la potencia total.

La energía que se pierde en forma de calor, la disipada, se desglosa a su vez en dos tipos: la desprendida por radiación en el ambiente, imposible de absorber con la refrigeración por agua; y la que se pierde dentro del mismo motor quedándose en los materiales de su alrededor siendo posible su absorción haciendo circular agua. Por tanto, hay una cantidad de calor que se pierde en el ambiente y otra que se transfiere al agua dulce. En los motores convencionales los porcentajes correspondientes son del 40% para el calor que se va al ambiente y el otro 60% para el calor que absorberá el agua.

Entonces, para las potencias efectivas de la tabla anterior se calcularán los porcentajes correspondientes a:

- la potencia total
- la potencia disipada: la potencia disipada en forma de radiación y la potencia disipada en los cilindros del motor.

**Tabla. 76: Potencias del motor y calor desprendido en KW.**

Potencia efectiva (40%)	Potencia total de entrada (100 %)	Potencia disipada (60 %)	Calor por radiación	Calor en los cilindros
1.127,63	2.819,08	1.691,45	676,58	<b>1.014,87</b>
1.243,66	3.109,15	1.865,49	746,20	<b>1.119,29</b>
1.395,19	3.487,98	2.092,79	837,11	<b>1.255,67</b>
1.869,40	4.673,50	2.804,10	1.121,64	<b>1.682,46</b>
2.009,10	5.022,75	3.013,65	1.205,46	<b>1.808,19</b>
3.000,03	7.500,08	4.500,05	1.800,02	<b>2.700,03</b>
4.151,44	10.378,60	6.227,16	2.490,86	<b>3.736,30</b>
5.990,73	14.976,83	8.986,10	3.594,44	<b>5.391,66</b>
3.668,98	9.172,45	5.503,47	2.201,39	<b>3.302,08</b>
6.617,45	16.543,63	9.926,18	3.970,47	<b>5.955,71</b>

Según los resultados obtenidos, los diferentes valores para el calor que tendrá que absorber el agua dulce en su circuito correspondiente serán los de la última columna.

Este calor desprendido es el que absorberá el agua dulce de refrigeración y lo trasladará al interior del generador de agua dulce haciendo de evaporador. Por lo tanto, es el calor del que dispone el agua salada bombeada del mar para evaporarse.

Como este proceso no es ideal, es decir, el agua salada nunca absorberá por completo la cantidad de calor con la que entra el agua dulce, hay que definir un rendimiento al evaporador, siendo éste un valor normalizado para intercambiadores de calor del 85%.

El rendimiento se consigue dividiendo el calor útil entre el calor total:

$$\eta = \frac{q_U}{q_T} \text{ ECUACIÓN 3}$$

Donde:

$\eta$ : rendimiento del 85%

$q_U$ : calor útil o calor que realmente absorbe el agua salada [KW]

$q_T$ : calor total o calor teórico que transmite el agua dulce [KW]

Quedando definido el calor absorbido por el agua salada de la siguiente manera:

$$q_U = \eta \times q_T = 0,85 \times q_T \text{ ECUACIÓN 4}$$



Con esta ecuación se pueden obtener los valores reales de calor absorbido por el agua salada al entrar en el generador de agua dulce quedando de la siguiente forma:

**Tabla. 77: Valores del calor real absorbido por el agua salada.**

Calor en los cilindros: $q_T$ (KW)	Calor absorbido por el agua salada: $q_U$ (KW)
1.014,87	<b>862,64</b>
1.119,29	<b>951,40</b>
1.255,67	<b>1.067,32</b>
1.682,46	<b>1.430,09</b>
1.808,19	<b>1.536,96</b>
2.700,03	<b>2.295,02</b>
3.736,30	<b>2.806,77</b>
5.391,66	<b>4.582,91</b>
3.302,08	<b>2.806,77</b>
5.955,71	<b>5.062,35</b>

Estos son los valores a partir de los cuales se podrá calcular, tanto el caudal de entrada de agua salada necesario para absorber el calor, como el caudal de vapor producido en el proceso de transmisión calorífica.

Es preciso adaptarlos a los intervalos principales junto con los del volumen de todos los espacios cerrados según sean buques tanque o no, lo que se refleja seguidamente:

**Tabla. 78: Calor real absorbido por el agua salada según los intervalos establecidos de volumen de todos los espacios cerrados del buque.**

Valor de V ( $m^3$ )	POTENCIA EFECTIVA (KW)	Calor en los cilindros: $q_T$ (KW)	Calor absorbido por el agua salada: $q_U$ (KW)
<587	<1.127,63	<1.014,87	< <b>862,64</b>
>587 - 1.883	>1.127,63 – 1.243,66	>1.014,87 - 1.119,29	> <b>862,64 - 951,40</b>
>1.883 - 3.327	>1.243,66 – 1.395,19	>1.119,29 - 1.255,67	> <b>951,40 - 1.067,32</b>
>3.327 - 6.163	>1.395,19 - 1.869,4	>1.255,67 - 1.682,46	> <b>1.067,32 - 1.430,09</b>
>6.163 - 7.215	>1.869,4 - 2.009,1	>1.682,46 - 1.808,19	> <b>1.430,09 - 1.536,96</b>
>7.215 - 17.550	>2.009,1 - 3.000,03	>1.808,19 - 2.700,03	> <b>1.536,96 - 2.295,02</b>
>17.550 - 34.396	>3.000,03 - 4.151,44	>2.700,03 - 3.736,30	> <b>2.295,02 - 3.175,85</b>
>34.396 - 67.435	>4.151,44 - 5.990,73	>3.736,30 - 5.391,66	> <b>3.175,85 - 4.582,91</b>
>67.435	>5.990,73	>5.391,66	> <b>4.582,91</b>
BUQUES TANQUE			
<27.696	<3.668,98	<3.302,08	< <b>2.806,77</b>
>27.696 - 34.396	>3.668,98 - 4.151,44	>3.302,08 - 3.736,30	> <b>2.806,77 - 3.175,85</b>
>34.396 - 67.436	>4.151,44 - 5.990,73	>3.736,30 - 5.391,66	> <b>3.175,85 - 4.582,91</b>
>67.436 - 83.763	>5.990,73 - 6.617,45	>5.391,66 - 5.955,71	> <b>4.582,91 - 5.062,35</b>
>83.763	>6.617,45	>5.955,71	> <b>5.062,35</b>



- Extracción de datos para el cálculo del caudal de agua salada

Como el intercambio de calor se realiza con variación de temperatura se ha de tener en cuenta la fórmula del calor siguiente:

$$q = \dot{m}_{ASE} C_{P(AS)} (T_{2(AS)} - T_{1(AS)}) \text{ ECUACIÓN 5}$$

La obtención de cada elemento de la ecuación se ve descrita a continuación:

$q$ : es el calor absorbido por el agua salada en kilovatios (KW) y son los valores obtenidos en la tabla 79.

$\dot{m}_{ASE}$ : es el flujo másico de agua salada a calcular en kilogramos o litros por segundo ( $\text{kg/s} = \text{L/s}$ ).

$C_{P(AS)}$ : es el calor específico del agua salada a una temperatura media entre  $T_{1(AS)}$  y  $T_{2(AS)}$ . Se tomará este valor como el mismo que el agua dulce a la misma temperatura, ya que se considera que la cantidad de sales no tiene gran influencia en su valor. En libros de termodinámica se encuentran las tablas con las propiedades del agua dulce, entre ellas el calor específico a diferentes temperaturas (*Problemas de termodinámica técnica. José Segura y Juan Rodriguez*).

$T_{1(AS)}$ : es la temperatura de entrada del agua salada dada en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ). Esta temperatura viene definida en función de la zona en la que esté navegando el buque.

## Imagen 12

Fuente:

<http://www.weatheronline.co.uk/navegar/viento?LEVEL=77&LANG=es&MENU=0&CONT=aupa&MODELLTYP=sst&TIME=0&MN=gfs&CEL=C&SI=kph>



La leyenda de colores indica las diferentes temperaturas a las que se encuentra el mar, en distintos puntos del mundo. Para cada color se elige la temperatura intermedia, de



tal manera que se obtienen unos rangos de temperatura que en gran medida, pueden aplicarse a los diferentes mares del mundo.

	$T_{min}$	$T_{max}$	$T_{media}$
<b>LILA</b>	0	4	<b>2</b>
<b>AZUL</b>	4	10	<b>7</b>
<b>VERDE</b>	10	16	<b>13</b>
<b>AMARILLO</b>	18	26	<b>22</b>
<b>ROJO</b>	26	30	<b>28</b>

Para cada temperatura media se conseguirá un caudal de agua salada.

$T_{2(AS)}$ : es la temperatura final que tendrá el agua salada, es decir, la temperatura a la que tendrá que llegar para evaporarse. Esta temperatura viene definida en función de la presión del interior del generador de agua dulce, como se ha explicado al inicio del apartado 7. *ESTUDIO DESCRIPTIVO Y ANALÍTICO DE UN GENERADOR DE AGUA DULCE POR DESTILACIÓN*, gracias al vacío que realiza el eyector se consigue disminuir la temperatura de evaporación del agua. Estos datos también son referidos al agua dulce, pero se tomarán indiferentemente. Hay que fijar una temperatura de evaporación común en los generadores de agua existentes en el mercado, ésta normalmente es de 45°C. Cabe recordar que en el Anexo D se han añadido los datos de un generador presente en el mercado para verificar el dato de la temperatura.

La ecuación quedará:

$$\dot{m}_{ASE} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})} \text{ ECUACIÓN 6}$$

- Extracción de datos para el cálculo del caudal de vapor generado

Se calculará el caudal de vapor con la misma ecuación que en el caso anterior porque también hay una variación de temperatura:

$$q = \dot{m}_V C_{P(V)} (T_{2(V)} - T_{1(V)}) \text{ ECUACIÓN 6}$$

Para poder definir el valor de cada elemento de la ecuación, hay que tener en cuenta que el vapor se ha obtenido del agua salada de entrada, por lo tanto el calor absorbido



“q” y las temperaturas de entrada y salida, “ $T_{1(V)}$ ” y “ $T_{2(V)}$ ” respectivamente, se mantienen. Sin embargo el calor específico “ $C_{pV}$ ” no es el mismo ya que ha habido un cambio de estado. En las mismas tablas de las propiedades del agua se encuentra el valor correspondiente al calor específico del vapor a la temperatura deseada.

Quedando para resolver la siguiente fórmula:

$$\dot{m}_V = \frac{q}{C_{p(V)}(T_{2(V)} - T_{1(V)})} \text{ ECUACIÓN 7}$$

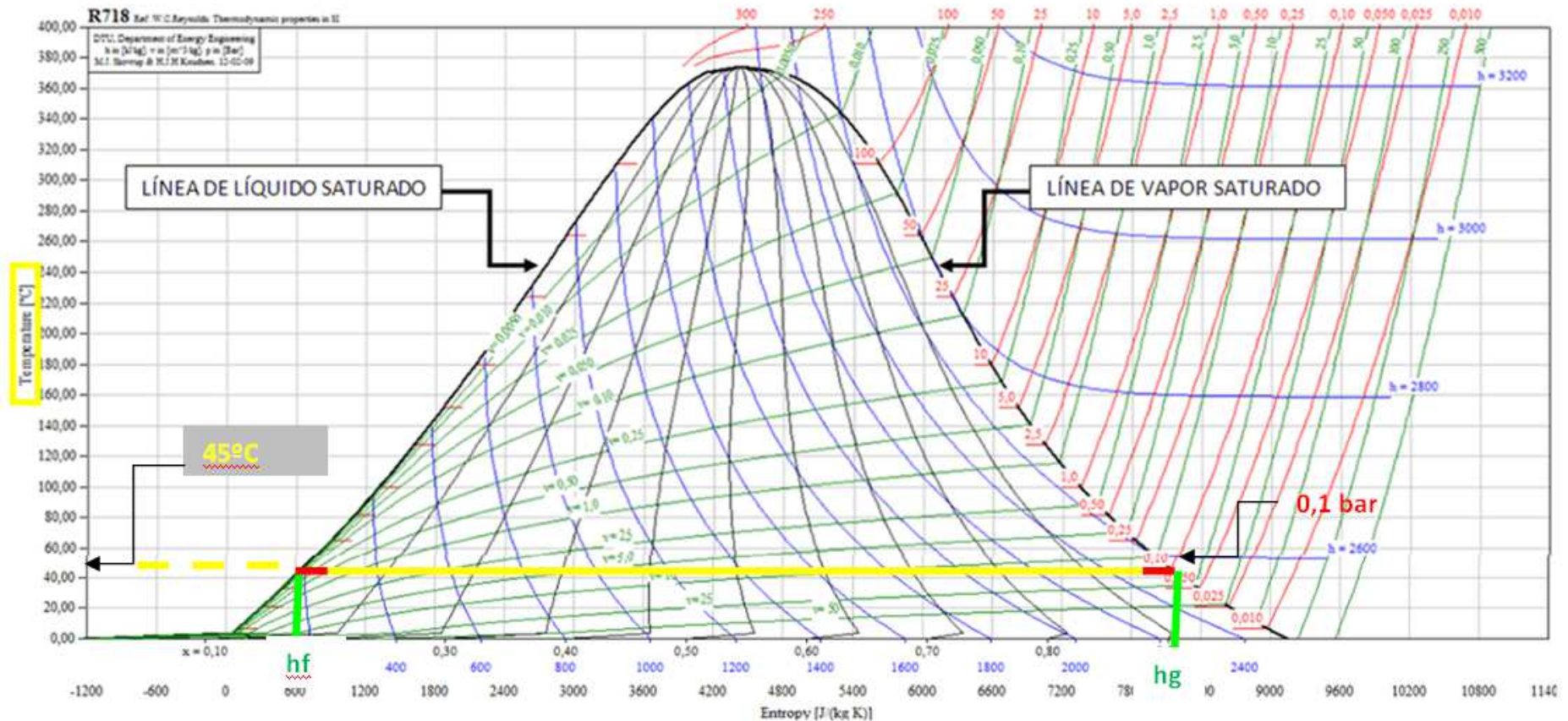
Llegado este punto, ya se dispone de la información necesaria de la metodología a seguir para conseguir los caudales en el evaporador. Se seguirá el mismo proceso para cada valor de calor obtenidos en la tabla 78.

## 8.2. DATOS DEL CONDENSADOR

Por el interior de los tubos del condensador circula agua salada del mar, por el exterior llega el vapor de agua que se ha producido en el evaporador. Para condensar el vapor se ha de conocer el calor latente del mismo, esto es: el calor que necesita transferir el vapor para condensarse a una temperatura y presión constantes.

El calor latente simbolizado con la letra “L”, es la diferencia entre la entalpía en la línea de vapor saturado y la entalpía en la línea de líquido saturado a la temperatura y presión indicadas. Mediante un diagrama de Mollier T-s (temperatura-entropía) se obtienen los valores de las entalpías:

LEYENDA DE COLORES	
	PRESIÓN [bares]
	ENTALPÍA [KJ/kg]
	VOLÚMEN ESPECÍFICO [m <sup>3</sup> /kg]



Anteriormente ya se han establecido una temperatura y presión de vaporización, éstas coincidirán en el diagrama. Se fijó una temperatura de 45°C a lo que le corresponde una presión de saturación de 0,09593 bares, es decir, 0,1 bares aproximadamente. La entalpía para el vapor saturado se representa con:  $h_g$ ; y para líquido saturado  $h_f$  quedando:  $L = h_g - h_f$  ECUACIÓN 8.





Según el diagrama y las tablas, que dan la misma información, para una temperatura de 45°C y una presión de 0,1 bares:

$$h_g = 2583,2 \text{ KJ/kg}$$

$$h_f = 188,45 \text{ KJ/kg}$$

Tomando el calor latente un valor de  $L = 2.394,75 \text{ KJ/kg}$ .

Este valor quedará fijo de manera permanente e independientemente de la variación de otros parámetros.

- Extracción de los datos para el cálculo del calor transferido al agua salada

Conocido el procedimiento a seguir para el cálculo del calor latente y sabiendo que la condensación se realiza a temperatura y presión constantes, ya puede utilizarse la ecuación de calor correspondiente:

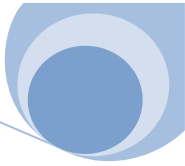
$$q = \dot{m}_{\text{DEST}} L \quad \text{ECUACIÓN 9}$$

Donde:

$q$ : es la cantidad de calor que se necesita conocer y el que absorberá el agua salada del interior de los tubos del condensador [KW].

$L$ : es el calor latente a la temperatura y presión con la que se ha evaporado el agua y calculado anteriormente.

$\dot{m}_{\text{DEST}}$ : es el flujo másico de agua destilada obtenido en la condensación del vapor [kg/s]. Este valor vendrá definido por el consumo diario de agua en un buque, calculado en la primera parte del presente proyecto, lo cual se refleja a continuación habiendo añadido una columna con los intervalos de calor real absorbido por el agua salada indicados en la tabla 78:



**Tabla. 79: Consumo diario de agua en un buque en función de la potencia efectiva del motor y producido por los tripulantes y la maquinaria a bordo.**

POTENCIA EFECTIVA (KW)	Valor de V (m <sup>3</sup> )	Calor absorbido por el agua salada: q <sub>u</sub> (KW)	CONSUMO DIARIO DE AGUA (L)
<1.127,63	<587	<862,64	<b>28.680</b>
>1.127,63 – 1.243,66	>587 - 1.883	>862,64 - 951,40	<b>29.480</b>
>1.243,66 – 1.395,19	>1.883 - 3.327	>951,40 - 1.067,32	<b>29.880</b>
>1.395,19 - 1.869,4	>3.327 - 6.163	>1.067,32 - 1.430,09	<b>30.280</b>
>1.869,4 - 2.009,1	>6.163 - 7.215	>1.430,09 - 1.536,96	<b>30.480</b>
>2.009,1 - 3.000,03	>7.215 - 17.550	>1.536,96 - 2.295,02	<b>31.280</b>
>3.000,03 - 4.151,44	>17.550 - 34.396	>2.295,02 - 3.175,85	<b>31.680</b>
>4.151,44 - 5.990,73	>34.396 - 67.435	>3.175,85 - 4.582,91	<b>31.880</b>
>5.990,73	>67.435	>4.582,91	<b>32.080</b>
BUQUES TANQUE			
<3.668,98	<27.696	<2.806,77	<b>31.880</b>
>3.668,98 - 4.151,44	>27.696 - 34.396	>2.806,77 - 3.175,85	<b>32.080</b>
>4.151,44 - 5.990,73	>34.396 - 67.436	>3.175,85 - 4.582,91	<b>32.280</b>
>5.990,73 - 6.617,45	>67.436 - 83.763	>4.582,91 - 5.062,35	<b>32.680</b>
>6.617,45	>83.763	>5.062,35	<b>32.880</b>

Las unidades del flujo másico se dan en litros por segundo, consecuentemente se hace el factor de conversión de los litros por día de la tabla anterior pasándolos a segundo sabiendo que un día tiene 86.400 segundos:



**Tabla. 80: Consumo diario de agua en un buque en función de la potencia efectiva del motor y producido por los tripulantes y la maquinaria a bordo en litros por segundo.**

POTENCIA EFECTIVA (KW)	Valor de V (m <sup>3</sup> )	Calor absorbido por el agua salada: q <sub>u</sub> (KW)	CONSUMO DIARIO DE AGUA (L/s)
<1.127,63	<587	<862,64	<b>0,3319</b>
>1.127,63 – 1.243,66	>587 - 1.883	>862,64 - 951,40	<b>0,3412</b>
>1.243,66 – 1.395,19	>1.883 - 3.327	>951,40 - 1.067,32	<b>0,3458</b>
>1.395,19 - 1.869,4	>3.327 - 6.163	>1.067,32 - 1.430,09	<b>0,3505</b>
>1.869,4 - 2.009,1	>6.163 - 7.215	>1.430,09 - 1.536,96	<b>0,3528</b>
>2.009,1 - 3.000,03	>7.215 - 17.550	>1.536,96 - 2.295,02	<b>0,3620</b>
>3.000,03 - 4.151,44	>17.550 - 34.396	>2.295,02 - 3.175,85	<b>0,3667</b>
>4.151,44 - 5.990,73	>34.396 - 67.435	>3.175,85 - 4.582,91	<b>0,3690</b>
>5.990,73	>67.435	>4.582,91	<b>0,3713</b>
<b>BUQUES TANQUE</b>			
<3.668,98	<27.696	<2.806,77	<b>0,3690</b>
>3.668,98 - 4.151,44	>27.696 - 34.396	>2.806,77 - 3.175,85	<b>0,3713</b>
>4.151,44 - 5.990,73	>34.396 - 67.436	>3.175,85 - 4.582,91	<b>0,3736</b>
>5.990,73 - 6.617,45	>67.436 - 83.763	>4.582,91 - 5.062,35	<b>0,3782</b>
>6.617,45	>83.763	>5.062,35	<b>0,3806</b>

▪ Extracción de los datos para el cálculo del caudal de agua salada

Aunque la condensación del vapor se realiza a temperatura constante, el agua salada sufre una pequeña variación de temperatura que se va a estimar de aproximadamente tres grados centígrados. Por lo tanto, se utilizará la ecuación de calor pertinente:

$$q = \dot{m}_{ASC} C_{p(AS)} (T_{2(AS)} - T_{1(AS)}) \text{ ECUACIÓN 10}$$

Donde:

q: es la cantidad de calor que absorberá el agua salada y calculada anteriormente [KW].

$\dot{m}_{ASC}$ : es el flujo másico de agua salada necesario para realizar el intercambio de calor y el que se desea calcular [kg/s].

$C_{p(AS)}$ : es el calor específico del agua a una temperatura media entre  $T_{1(AS)}$  y  $T_{2(AS)}$ , sustraído de las tablas en las que se indica las propiedades del agua.



$T_{1(AS)}$ : es la temperatura de entrada del agua salada, coincidente con la temperatura de entrada en el evaporador [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_{2(AS)}$ : es la temperatura a la que saldrá el agua salada después de absorber el calor necesario. Al haber fijado un incremento de  $3^{\circ}\text{C}$  será:  $T_{1(AS)} + 3$ .

Finalmente se calcula el caudal de agua salada en el condensador:

$$\dot{m}_{ASC} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})} \text{ ECUACIÓN 11}$$



## 9. **CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUA SALADA EN EL GENERADOR**

Según lo descrito anteriormente, se calculan los caudales de agua salada necesarios para producir la cantidad de agua deseada en cada uno de los barcos clasificados según los intervalos establecidos en el primer análisis, para diferentes temperaturas de entrada de agua de mar.

Para cada una de las diferentes temperaturas se han realizado tres tablas:

- Tabla con los cálculos correspondientes a los caudales, de agua salada y de vapor producido, en el evaporador.
- Tabla con los cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador.
- Tabla con el caudal de agua salada total en el generador, suma de los dos caudales calculados en las dos tablas anteriores.



### 9.1. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_{1(AS)} = 2^{\circ}\text{C}$

Tabla. 81: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de  $2^{\circ}\text{C}$ .

E  
V  
A  
P  
O  
R  
A  
D  
O  
R

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ENTRADA DE AGUA SALADA				
INTERVALOS	q	ṁ <sub>ASC</sub>	ṁ <sub>ASC</sub> = $\frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)}-T_{1(AS)})}$	
<862,64	862,64	4,80		
>862,64 - 951,40	951,40	5,29	T1	T2
>951,40 - 1.067,32	1.067,32	5,94	2	45
>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	7,96	Tmedia	
>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	8,55	23,5	
>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	12,77	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	17,67	T	Cp (T)
>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	25,50	20	4,1816
>4.582,91	4.582,91	25,50	23,5	X
BUQUES TANQUE			25	4,1793
<2.806,77	2.806,77	15,62	X	
>2.806,77 - 3.175,85	3.175,85	17,67	4,17999	
>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	25,50		
>4.582,91 - 5.062,35	5.062,35	28,16		
>5.062,35	5.062,35	28,16		
CÁLCULO DEL CAUDAL DE VAPOR PRODUCIDO				
INTERVALOS	q	ṁ <sub>v</sub>	ṁ <sub>v</sub> = $\frac{q}{C_{P(V)}(T_{2(V)}-T_{1(V)})}$	
<862,64	862,64	10,76		
>862,64 - 951,40	951,40	11,87	T1	T2
>951,40 - 1.067,32	1.067,32	13,31	2	45
>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	17,84	Tmedia	
>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	19,17	23,5	
>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	28,62	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	39,61	T	Cp (T)
>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	57,16	0	1,8606
>4.582,91	4.582,91	57,16	23,5	X
BUQUES TANQUE			25	1,8648
<2.806,77	2806,77	35,01	X	
>2.806,77 - 3.175,85	3175,85	39,61	1,864548	
>3.175,85 - 4.582,91	4582,91	57,16		
>4.582,91 - 5.062,35	5062,35	63,14		
>5.062,35	5062,35	63,14		



Tabla. 82: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 2°C.

C

O

N

D

E

N

S

A

D

O

R

CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA SALADA				
L		q = m <sub>DEST</sub> L		
2.394,75				
INTERVALOS	m <sub>DEST</sub>	q		
<862,64	0,3319	794,92		
>862,64 - 951,40	0,3412	817,10		
>951,40 - 1.067,32	0,3458	828,18		
>1.067,32 - 1.430,09	0,3505	839,27		
>1.430,09 - 1.536,96	0,3528	844,81		
>1.536,96 - 2.295,02	0,3620	866,99		
>2.295,02 - 3.175,85	0,3667	878,08		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3690	883,62		
>4.582,91	0,3713	889,16		
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	0,3690	883,62		
>2.806,77 - 3.175,85	0,3713	889,16		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3736	894,71		
>4.582,91 - 5.062,35	0,3782	905,79		
>5.062,35	0,3806	911,34		
CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA SALADA				
INTERVALOS	q	m <sub>ASC</sub>	m <sub>ASC</sub> = $\frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)}-T_{1(AS)})}$	
<862,64	794,92	62,99		
>862,64 - 951,40	817,10	64,75	T1	T2
>951,40 - 1.067,32	828,18	65,63	2	5
>1.067,32 - 1.430,09	839,27	66,51	Tmedia	
>1.430,09 - 1.536,96	844,81	66,94	3,5	
>1.536,96 - 2.295,02	866,99	68,70	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	878,08	69,58	T	Cp (T)
>3.175,85 - 4.582,91	883,62	70,02	0	4,2174
>4.582,91	889,16	70,46	3,5	X
BUQUES TANQUE			5	4,2019
<2.806,77	883,62	70,02	X	
>2.806,77 - 3.175,85	889,16	70,46	4,20655	
>3.175,85 - 4.582,91	894,71	70,90		
>4.582,91 - 5.062,35	905,79	71,78		
>5.062,35	911,34	72,22		

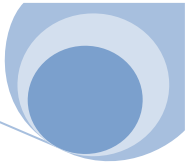


Tabla. 83: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 2°C.

CAUDAL TOTAL DE AGUA SALADA	
$\dot{m}_{AST} = \dot{m}_{ASE} + \dot{m}_{ASC}$	
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$
<862,64	67,79
>862,64 - 951,40	70,04
>951,40 - 1.067,32	71,56
>1.067,32 - 1.430,09	74,46
>1.430,09 - 1.536,96	75,50
>1.536,96 - 2.295,02	81,47
>2.295,02 - 3.175,85	87,25
>3.175,85 - 4.582,91	95,52
>4.582,91	95,96
BUQUES TANQUE	
<2.806,77	85,64
>2.806,77 - 3.175,85	88,13
>3.175,85 - 4.582,91	96,40
>4.582,91 - 5.062,35	99,94
>5.062,35	100,38





## 9.2. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_{1(AS)} = 7^{\circ}\text{C}$

Tabla. 84: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de  $7^{\circ}\text{C}$ .

E V A P O R A D O R	CÁLCULO DEL CAUDAL DE ENTRADA DE AGUA SALADA				
	INTERVALOS	q	$\dot{m}_{ASE}$	$\dot{m}_{ASE} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})}$	
	<862,64	862,64	5,43		
	>862,64 - 951,40	951,40	5,99	T1	T2
	>951,40 - 1.067,32	1.067,32	6,72	7	45
	>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	9,01	Tmedia	
	>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	9,68	26	
	>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	14,45	Cp(Tmedia)	
	>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	20,00	T	Cp (T)
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	28,86	25	4,1793
	>4.582,91	4.582,91	28,86	26	X
	BUQUES TANQUE			30	4,1782
	<2.806,77	2.806,77	17,67	X	
	>2.806,77 - 3.175,85	3.175,85	20,00	4,17908	
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	28,86		
	>4.582,91 - 5.062,35	5.062,35	31,88		
	>5.062,35	5.062,35	31,88		
	CÁLCULO DEL CAUDAL DE VAPOR PRODUCIDO				
	INTERVALOS	q	$\dot{m}_v$	$\dot{m}_v = \frac{q}{C_{P(V)}(T_{2(V)} - T_{1(V)})}$	
	<862,64	862,64	12,17		
	>862,64 - 951,40	951,40	13,42	T1	T2
	>951,40 - 1.067,32	1.067,32	15,06	7	45
	>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	20,18	Tmedia	
	>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	21,69	26	
	>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	32,38	Cp(Tmedia)	
	>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	44,81	T	Cp (T)
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	64,66	25	1,8648
	>4.582,91	4.582,91	64,66	26	X
	BUQUES TANQUE			50	1,8711
	<2.806,77	2806,77	39,60	X	
	>2.806,77 - 3.175,85	3175,85	44,81	1,865052	
	>3.175,85 - 4.582,91	4582,91	64,66		
	>4.582,91 - 5.062,35	5062,35	71,43		
>5.062,35	5062,35	71,43			

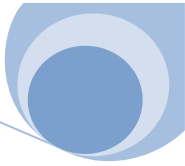


Tabla. 85: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 7°C.

C

O

N

D

E

N

S

A

D

O

R

CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA SALADA				
L		$q = \dot{m}_{DEST}L$		
2.394,75				
INTERVALOS	$\dot{m}_{DEST}$	q		
<862,64	0,3319	794,92		
>862,64 - 951,40	0,3412	817,10		
>951,40 - 1.067,32	0,3458	828,18		
>1.067,32 - 1.430,09	0,3505	839,27		
>1.430,09 - 1.536,96	0,3528	844,81		
>1.536,96 - 2.295,02	0,3620	866,99		
>2.295,02 - 3.175,85	0,3667	878,08		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3690	883,62		
>4.582,91	0,3713	889,16		
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	0,3690	883,62		
>2.806,77 - 3.175,85	0,3713	889,16		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3736	894,71		
>4.582,91 - 5.062,35	0,3782	905,79		
>5.062,35	0,3806	911,34		
CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA SALADA				
INTERVALOS	q	$\dot{m}_{ASC}$	$\dot{m}_{ASC} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})}$	
<862,64	794,92	63,17	T1	T2
>862,64 - 951,40	817,10	64,93	7	10
>951,40 - 1.067,32	828,18	65,81	Tmedia	
>1.067,32 - 1.430,09	839,27	66,69	8,5	
>1.430,09 - 1.536,96	844,81	67,13	Cp(Tmedia)	
>1.536,96 - 2.295,02	866,99	68,89	T	Cp (T)
>2.295,02 - 3.175,85	878,08	69,77	5	4,2019
>3.175,85 - 4.582,91	883,62	70,21	8,5	X
>4.582,91	889,16	70,65	10	4,1919
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	883,62	70,21	X	
>2.806,77 - 3.175,85	889,16	70,65	4,1949	
>3.175,85 - 4.582,91	894,71	71,09		
>4.582,91 - 5.062,35	905,79	71,98		
>5.062,35	911,34	72,42		



Tabla. 86: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 7°C.

CAUDAL TOTAL DE AGUA SALADA	
$\dot{m}_{AST} = \dot{m}_{ASE} + \dot{m}_{ASC}$	
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$
<862,64	68,60
>862,64 - 951,40	70,92
>951,40 - 1.067,32	72,53
>1.067,32 - 1.430,09	75,70
>1.430,09 - 1.536,96	76,81
>1.536,96 - 2.295,02	83,34
>2.295,02 - 3.175,85	89,77
>3.175,85 - 4.582,91	99,07
>4.582,91	99,51
BUQUES TANQUE	
<2.806,77	87,89
>2.806,77 - 3.175,85	90,65
>3.175,85 - 4.582,91	99,95
>4.582,91 - 5.062,35	103,85
>5.062,35	104,29



### 9.3. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_1=13^\circ\text{C}$

Tabla. 87: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de  $13^\circ\text{C}$ .

E V A P O R A D O R	CÁLCULO DEL CAUDAL DE ENTRADA DE AGUA SALADA				
	INTERVALOS	q	$\dot{m}_{ASE}$	$\dot{m}_{ASE} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})}$	
	<862,64	862,64	6,45		
	>862,64 - 951,40	951,40	7,12	T1	T2
	>951,40 - 1.067,32	1.067,32	7,98	13	45
	>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	10,70	Tmedia	
	>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	11,49	29	
	>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	17,16	Cp(Tmedia)	
	>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	23,75	T	Cp (T)
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	34,28	25	4,1793
	>4.582,91	4.582,91	34,28	29	X
	BUQUES TANQUE			30	4,1782
	<2.806,77	2.806,77	20,99	X	
	>2.806,77 - 3.175,85	3.175,85	23,75	4,17842	
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	34,28		
	>4.582,91 - 5.062,35	5.062,35	37,86		
	>5.062,35	5.062,35	37,86		
	CÁLCULO DEL CAUDAL DE VAPOR PRODUCIDO				
	INTERVALOS	q	$\dot{m}_v$	$\dot{m}_v = \frac{q}{C_{P(V)}(T_{2(V)} - T_{1(V)})}$	
	<862,64	862,64	14,45		
	>862,64 - 951,40	951,40	15,93	T1	T2
	>951,40 - 1.067,32	1.067,32	17,88	13	45
	>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	23,95	Tmedia	
	>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	25,74	29	
	>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	38,44	Cp(Tmedia)	
	>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	53,19	T	Cp (T)
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	76,76	25	1,8648
>4.582,91	4.582,91	76,76	29	X	
BUQUES TANQUE			50	1,8711	
<2.806,77	2806,77	47,01	X		
>2.806,77 - 3.175,85	3175,85	53,19	1,865808		
>3.175,85 - 4.582,91	4582,91	76,76			
>4.582,91 - 5.062,35	5062,35	84,79			
>5.062,35	5062,35	84,79			



Tabla. 88: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 13°C.

C

O

N

D

E

N

S

A

D

O

R

CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA SALADA				
L		$q = \dot{m}_{DEST}L$		
2.394,75				
INTERVALOS	$\dot{m}_{DEST}$	q		
<862,64	0,3319	794,92		
>862,64 - 951,40	0,3412	817,10		
>951,40 - 1.067,32	0,3458	828,18		
>1.067,32 - 1.430,09	0,3505	839,27		
>1.430,09 - 1.536,96	0,3528	844,81		
>1.536,96 - 2.295,02	0,3620	866,99		
>2.295,02 - 3.175,85	0,3667	878,08		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3690	883,62		
>4.582,91	0,3713	889,16		
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	0,3690	883,62		
>2.806,77 - 3.175,85	0,3713	889,16		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3736	894,71		
>4.582,91 - 5.062,35	0,3782	905,79		
>5.062,35	0,3806	911,34		
CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA SALADA				
INTERVALOS	q	$\dot{m}_{ASC}$	$\dot{m}_{ASC} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)}-T_{1(AS)})}$	
<862,64	794,92	63,30		
>862,64 - 951,40	817,10	65,06	T1	T2
>951,40 - 1.067,32	828,18	65,95	13	16
>1.067,32 - 1.430,09	839,27	66,83	Tmedia	
>1.430,09 - 1.536,96	844,81	67,27	14,5	
>1.536,96 - 2.295,02	866,99	69,04	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	878,08	69,92	T	Cp (T)
>3.175,85 - 4.582,91	883,62	70,36	10	4,1919
>4.582,91	889,16	70,80	14,5	X
BUQUES TANQUE			15	4,1855
<2.806,77	883,62	70,36	X	
>2.806,77 - 3.175,85	889,16	70,80	4,18614	
>3.175,85 - 4.582,91	894,71	71,24		
>4.582,91 - 5.062,35	905,79	72,13		
>5.062,35	911,34	72,57		



Tabla. 89: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 13°C.

CAUDAL TOTAL DE AGUA SALADA	
$\dot{m}_{AST} = \dot{m}_{ASE} + \dot{m}_{ASC}$	
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$
<862,64	69,75
>862,64 - 951,40	72,18
>951,40 - 1.067,32	73,93
>1.067,32 - 1.430,09	77,52
>1.430,09 - 1.536,96	78,77
>1.536,96 - 2.295,02	86,20
>2.295,02 - 3.175,85	93,67
>3.175,85 - 4.582,91	104,64
>4.582,91	105,08
BUQUES TANQUE	
<2.806,77	91,35
>2.806,77 - 3.175,85	94,55
>3.175,85 - 4.582,91	105,52
>4.582,91 - 5.062,35	109,99
>5.062,35	110,43



#### 9.4. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_1=22^\circ\text{C}$

Tabla. 90: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de  $22^\circ\text{C}$ .

E  
V  
A  
P  
O  
R  
A  
D  
O  
R

CÁLCULO DEL CAUDAL DE ENTRADA DE AGUA SALADA				
INTERVALOS	q	mASE	mASE = q / (Cp(AS)(T2(AS) - T1(AS)))	
<862,64	862,64	8,98		
>862,64 - 951,40	951,40	9,90	T1	T2
>951,40 - 1.067,32	1.067,32	11,11	22	45
>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	14,88	Tmedia	
>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	15,99	33,5	
>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	23,88	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	33,05	T	Cp (T)
>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	47,69	30	4,1782
>4.582,91	4.582,91	47,69	33,5	X
BUQUES TANQUE			35	4,1779
<2.806,77	2.806,77	29,21	X	
>2.806,77 - 3.175,85	3.175,85	33,05	4,1780	
>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	47,69		
>4.582,91 - 5.062,35	5.062,35	52,68		
>5.062,35	5.062,35	52,68		
CÁLCULO DEL CAUDAL DE VAPOR PRODUCIDO				
INTERVALOS	q	mV	mV = q / (Cp(V)(T2(V) - T1(V)))	
<862,64	862,64	20,09		
>862,64 - 951,40	951,40	22,16	T1	T2
>951,40 - 1.067,32	1.067,32	24,86	22	45
>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	33,30	Tmedia	
>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	35,79	33,5	
>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	53,45	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	73,96	T	Cp (T)
>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	106,73	25	1,8648
>4.582,91	4.582,91	106,73	33,5	X
BUQUES TANQUE			50	1,8711
<2.806,77	2806,77	65,37	X	
>2.806,77 - 3.175,85	3175,85	73,96	1,8669	
>3.175,85 - 4.582,91	4582,91	106,73		
>4.582,91 - 5.062,35	5062,35	117,89		
>5.062,35	5062,35	117,89		



Tabla. 91: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 22°C.

C

O

N

D

E

N

S

A

D

O

R

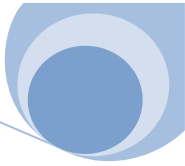
CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA SALADA				
L		$q = \dot{m}_{DEST} L$		
2.394,75				
INTERVALOS	$\dot{m}_{DEST}$	q		
<862,64	0,3319	794,92		
>862,64 - 951,40	0,3412	817,10		
>951,40 - 1.067,32	0,3458	828,18		
>1.067,32 - 1.430,09	0,3505	839,27		
>1.430,09 - 1.536,96	0,3528	844,81		
>1.536,96 - 2.295,02	0,3620	866,99		
>2.295,02 - 3.175,85	0,3667	878,08		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3690	883,62		
>4.582,91	0,3713	889,16		
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	0,3690	883,62		
>2.806,77 - 3.175,85	0,3713	889,16		
>3.175,85 - 4.582,91	0,3736	894,71		
>4.582,91 - 5.062,35	0,3782	905,79		
>5.062,35	0,3806	911,34		
CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA SALADA				
INTERVALOS	q	$\dot{m}_{ASC}$	$\dot{m}_{ASC} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})}$	
<862,64	794,92	63,39		
>862,64 - 951,40	817,10	65,16	T1	T2
>951,40 - 1.067,32	828,18	66,04	22	25
>1.067,32 - 1.430,09	839,27	66,93	Tmedia	
>1.430,09 - 1.536,96	844,81	67,37	23,5	
>1.536,96 - 2.295,02	866,99	69,14	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	878,08	70,02	T	Cp (T)
>3.175,85 - 4.582,91	883,62	70,46	20	4,1816
>4.582,91	889,16	70,91	23,5	X
BUQUES TANQUE			25	4,1793
<2.806,77	883,62	70,46	X	
>2.806,77 - 3.175,85	889,16	70,91	4,17999	
>3.175,85 - 4.582,91	894,71	71,35		
>4.582,91 - 5.062,35	905,79	72,23		
>5.062,35	911,34	72,67		





Tabla. 92: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 22°C.

CAUDAL TOTAL DE AGUA SALADA	
$\dot{m}_{AST} = \dot{m}_{ASE} + \dot{m}_{ASC}$	
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$
<862,64	72,37
>862,64 - 951,40	75,06
>951,40 - 1.067,32	77,15
>1.067,32 - 1.430,09	81,81
>1.430,09 - 1.536,96	83,36
>1.536,96 - 2.295,02	93,02
>2.295,02 - 3.175,85	103,07
>3.175,85 - 4.582,91	118,16
>4.582,91	118,60
BUQUES TANQUE	
<2.806,77	99,67
>2.806,77 - 3.175,85	103,96
>3.175,85 - 4.582,91	119,04
>4.582,91 - 5.062,35	124,91
>5.062,35	125,36



### 9.5. CAUDAL DE AGUA SALADA PARA $T_1=28^\circ\text{C}$

Tabla. 93: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de  $28^\circ\text{C}$ .

E V A P O R A D O R	CÁLCULO DEL CAUDAL DE ENTRADA DE AGUA SALADA				
	INTERVALOS	q	$\dot{m}_{ASE}$	$\dot{m}_{ASE} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})}$	
	<862,64	862,64	12,15		
	>862,64 - 951,40	951,40	13,40	T1	T2
	>951,40 - 1.067,32	1.067,32	15,03	28	45
	>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	20,13	Tmedia	
	>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	21,64	36,5	
	>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	32,31	Cp(Tmedia)	
	>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	44,71	T	Cp (T)
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	64,52	35	4,1779
	>4.582,91	4.582,91	64,52	36,5	X
	BUQUES TANQUE			40	4,1783
	<2.806,77	2.806,77	39,52	X	
	>2.806,77 - 3.175,85	3.175,85	44,71	4,1780	
	>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	64,52		
	>4.582,91 - 5.062,35	5.062,35	71,27		
	>5.062,35	5.062,35	71,27		
	CÁLCULO DEL CAUDAL DE VAPOR PRODUCIDO				
	INTERVALOS	q	$\dot{m}_v$	$\dot{m}_v = \frac{q}{C_{P(V)}(T_{2(V)} - T_{1(V)})}$	
	<862,64	862,64	27,17		
	>862,64 - 951,40	951,40	29,96	T1	T2
	>951,40 - 1.067,32	1.067,32	33,62	28	45
	>1.067,32 - 1.430,09	1.430,09	45,04	Tmedia	
	>1.430,09 - 1.536,96	1.536,96	48,41	36,5	
	>1.536,96 - 2.295,02	2.295,02	72,28	Cp(Tmedia)	
>2.295,02 - 3.175,85	3.175,85	100,02	T	Cp (T)	
>3.175,85 - 4.582,91	4.582,91	144,34	25	1,8648	
>4.582,91	4.582,91	144,34	36,5	X	
BUQUES TANQUE			50	1,8711	
<2.806,77	2806,77	88,40	X		
>2.806,77 - 3.175,85	3175,85	100,02	1,8677		
>3.175,85 - 4.582,91	4582,91	144,34			
>4.582,91 - 5.062,35	5062,35	159,44			
>5.062,35	5062,35	159,44			



Tabla. 94: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 28°C.

<b>C O N D E N S A D O R</b>	CÁLCULO DEL CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA SALADA			
	L	$q = \dot{m}_{DEST} L$		
	2.394,75			
	INTERVALOS	$\dot{m}_{DEST}$	q	
	<862,64	0,3319	794,92	
	>862,64 - 951,40	0,3412	817,10	
	>951,40 - 1.067,32	0,3458	828,18	
	>1.067,32 - 1.430,09	0,3505	839,27	
	>1.430,09 - 1.536,96	0,3528	844,81	
	>1.536,96 - 2.295,02	0,3620	866,99	
	>2.295,02 - 3.175,85	0,3667	878,08	
	>3.175,85 - 4.582,91	0,3690	883,62	
	>4.582,91	0,3713	889,16	
	BUQUES TANQUE			
	<2.806,77	0,3690	883,62	
	>2.806,77 - 3.175,85	0,3713	889,16	
	>3.175,85 - 4.582,91	0,3736	894,71	
	>4.582,91 - 5.062,35	0,3782	905,79	
	>5.062,35	0,3806	911,34	
	CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA SALADA			
	INTERVALOS	q	$\dot{m}_{ASC}$	$\dot{m}_{ASC} = \frac{q}{C_{P(AS)}(T_{2(AS)} - T_{1(AS)})}$
	<862,64	794,92	63,42	
	>862,64 - 951,40	817,10	65,19	T1
	>951,40 - 1.067,32	828,18	66,07	28
	>1.067,32 - 1.430,09	839,27	66,96	T2
	>1.430,09 - 1.536,96	844,81	67,40	31
	>1.536,96 - 2.295,02	866,99	69,17	Tmedia
	>2.295,02 - 3.175,85	878,08	70,05	30,5
	>3.175,85 - 4.582,91	883,62	70,49	Cp(Tmedia)
	>4.582,91	889,16	70,94	T
	BUQUES TANQUE			Cp (T)
	<2.806,77	883,62	70,49	30
	>2.806,77 - 3.175,85	889,16	70,94	4,1782
	>3.175,85 - 4.582,91	894,71	71,38	30,5
	>4.582,91 - 5.062,35	905,79	72,26	X
	>5.062,35	911,34	72,71	35
	BUQUES TANQUE			4,1779
	<2.806,77	883,62	70,49	X
	>2.806,77 - 3.175,85	889,16	70,94	4,17817
	>3.175,85 - 4.582,91	894,71	71,38	
	>4.582,91 - 5.062,35	905,79	72,26	
	>5.062,35	911,34	72,71	



Tabla. 95: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 28°C.

CAUDAL TOTAL DE AGUA SALADA	
$\dot{m}_{AST} = \dot{m}_{ASE} + \dot{m}_{ASC}$	
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$
<862,64	75,56
>862,64 - 951,40	78,58
>951,40 - 1.067,32	81,10
>1.067,32 - 1.430,09	87,09
>1.430,09 - 1.536,96	89,04
>1.536,96 - 2.295,02	101,48
>2.295,02 - 3.175,85	114,77
>3.175,85 - 4.582,91	135,02
>4.582,91	135,46
BUQUES TANQUE	
<2.806,77	110,01
>2.806,77 - 3.175,85	115,65
>3.175,85 - 4.582,91	135,90
>4.582,91 - 5.062,35	143,54
>5.062,35	143,98



## 10. BOMBAS PARA ABASTECER EL CAUDAL DE AGUA SALADA

Según los valores obtenidos en las diferentes tablas, en las que se indica el caudal de agua salada total en el generador según la temperatura de entrada, se ha escogido de un mismo fabricante bombas capaces de abastecer tales caudales.

Las bombas son de la marca *BLOCH*, son electrobombas centrífugas monobloc horizontales, con una rotación de 2.900 rpm, características coincidentes con el manual del generador incluido en el Anexo D, del cual se extrajo la temperatura de evaporación.

Según el caudal de las tablas mencionadas se ha asignado una bomba capaz de abastecerlo y que por lo tanto le corresponde una potencia de consumo para ello.

Los caudales de agua salada calculados para cada generador se han pasado a metros cúbicos por hora, para hacerlos coincidir con los datos del catálogo escogido.

El catálogo de las bombas se añade en el Anexo E para mayor información.

### 10.1. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 2^{\circ}\text{C}$

DATOS DEL GENERADOR		DATOS DE LAS BOMBAS		
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m³/h)	MODELO	CAUDAL (m³/h)	POTENCIA (eKW)
<862,64	244,05	ST2 100-26 / 600	270	45
>862,64 - 951,40	252,15			
>951,40 - 1.067,32	257,63			
>1.067,32 - 1.430,09	268,06	ST2 100-26 / 750	324	55
>1.430,09 - 1.536,96	271,78			
>1.536,96 - 2.295,02	293,29			
>2.295,02 - 3.175,85	314,10	ST2 100-26 / 1000	360	75
>3.175,85 - 4.582,91	343,86			
>4.582,91	345,44			
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	308,29	ST2 100-26 / 1000	360	75
>2.806,77 - 3.175,85	317,26			
>3.175,85 - 4.582,91	347,02			
>4.582,91 - 5.062,35	359,79			
>5.062,35	361,37			



### 10.2. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 7^{\circ}\text{C}$

DATOS DEL GENERADOR		DATOS DE LAS BOMBAS		
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m³/h)	MODELO	CAUDAL (m³/h)	POTENCIA (eKW)
<862,64	246,95	ST2 100-26 / 600	270	45
>862,64 - 951,40	255,31			
>951,40 - 1.067,32	261,11			
>1.067,32 - 1.430,09	272,50	ST2 100-26 / 750	324	55
>1.430,09 - 1.536,96	276,51			
>1.536,96 - 2.295,02	300,04			
>2.295,02 - 3.175,85	323,18	ST2 100-26 / 1000	360	75
>3.175,85 - 4.582,91	356,66	ST2 125-20 / 1000	450	
>4.582,91	358,25			
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	316,40	ST2 100-26 / 1000	360	75
>2.806,77 - 3.175,85	326,35			
>3.175,85 - 4.582,91	359,83	ST2 125-20 / 1000	450	
>4.582,91 - 5.062,35	373,87			
>5.062,35	375,46			

### 10.3. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 13^{\circ}\text{C}$

DATOS DEL GENERADOR		DATOS DE LAS BOMBAS		
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m³/h)	MODELO	CAUDAL (m³/h)	POTENCIA (eKW)
<862,64	251,10	ST2 100-26 / 600	270	45
>862,64 - 951,40	259,84			
>951,40 - 1.067,32	266,14			
>1.067,32 - 1.430,09	279,09	ST2 100-26 / 750	324	55
>1.430,09 - 1.536,96	283,56			
>1.536,96 - 2.295,02	310,32			
>2.295,02 - 3.175,85	337,22	ST2 100-26 / 1000	360	75
>3.175,85 - 4.582,91	376,69	ST2 125-20 / 1000	450	
>4.582,91	378,28			
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	328,87	ST2 100-26 / 1000	360	75
>2.806,77 - 3.175,85	340,39			
>3.175,85 - 4.582,91	379,87			
>4.582,91 - 5.062,35	395,95	ST2 125-20 / 1000	450	
>5.062,35	397,54			

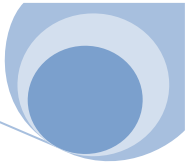


#### 10.4. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 22^{\circ}\text{C}$

DATOS DEL GENERADOR		DATOS DE LAS BOMBAS		
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m³/h)	MODELO	CAUDAL (m³/h)	POTENCIA (eKW)
<862,64	260,53	ST2 100-26 / 750	324	55
>862,64 - 951,40	270,22			
>951,40 - 1.067,32	277,74			
>1.067,32 - 1.430,09	294,52			
>1.430,09 - 1.536,96	300,11			
>1.536,96 - 2.295,02	334,88	ST2 100-26 / 1000	360	75
>2.295,02 - 3.175,85	371,06	ST2 125-20 / 1000	450	
>3.175,85 - 4.582,91	425,36			
>4.582,91	426,95			
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	358,82	ST2 125-20 / 1000	450	75
>2.806,77 - 3.175,85	374,24			
>3.175,85 - 4.582,91	428,55			
>4.582,91 - 5.062,35	449,69	ST2 125-20 / 1000	500	
>5.062,35	451,28			

#### 10.5. BOMBAS PARA CAUDAL DE AGUA SALADA CON $T_{1(AS)} = 28^{\circ}\text{C}$

DATOS DEL GENERADOR		DATOS DE LAS BOMBAS		
INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m³/h)	MODELO	CAUDAL (m³/h)	POTENCIA (eKW)
<862,64	272,03	ST2 100-26 / 750	324	55
>862,64 - 951,40	282,89			
>951,40 - 1.067,32	291,95			
>1.067,32 - 1.430,09	313,53			
>1.430,09 - 1.536,96	320,53			
>1.536,96 - 2.295,02	365,33	ST2 125-20 / 1000	450	75
>2.295,02 - 3.175,85	413,16			
>3.175,85 - 4.582,91	486,06	ST2 125-20 / 1000	500	
>4.582,91	487,66			
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	396,04	ST2 125-20 / 1000	450	75
>2.806,77 - 3.175,85	416,34			
>3.175,85 - 4.582,91	489,25	ST2 125-20 / 1000	500	
>4.582,91 - 5.062,35	516,73	ST4 150-40 / 1000	570	
>5.062,35	518,33			



Se han escogido bombas con mayor capacidad de lo necesario para asegurar el abastecimiento total de la cantidad de agua deseada.

En definitiva, se han seleccionado cinco bombas diferentes y se destacan en la tabla siguiente para disponer de manera más sintetizada de la información de las mismas, los colores organizan de manera ascendiente, el consumo de la potencia necesaria para realizar su función:

**Tabla. 96: Bombas seleccionadas para el abastecimiento de los caudales de agua salada en el generador.**

MODELO	CAUDAL (m <sup>3</sup> /h)	POTENCIA CONSUMIDA (eKW)
ST2 100-26 / 600	270	45
ST2 100-26 / 750	324	55
ST2 100-26 / 1000	360	75
ST2 125-20 / 1000	450	
ST2 125-20 / 1000	500	
ST4 150-40 / 1000	570	





## **11. BOMBAS PARA ABASTECER EL CAUDAL DE AGUA DULCE PRODUCIDA POR EL GENERADOR**

Del mismo modo que en el caso anterior, se escogen las bombas para hacer circular el agua destilada hasta la parte del buque que se desee.

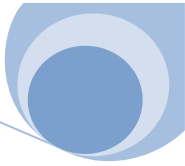
La capacidad de estas bombas viene establecida por la producción del generador, los diferentes caudales se definieron en la Tabla 72 expuesta a continuación:

**Tabla. 72: Consumo de agua en un buque producido por la tripulación y maquinaria a bordo.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DE AGUA (L/día)	CONSUMO DE AGUA (L/semana)	CONSUMO DE AGUA (L/mes)	CONSUMO DE AGUA (L/3 meses)
<587	28.680	200.760	806.640	2.419.920
>587 - 1.883	29.480	206.360	830.640	2.491.920
>1.883 - 3.327	29.880	209.160	842.640	2.527.920
>3.327 - 6.163	30.280	211.960	854.640	2.563.920
>6.163 - 7.215	30.480	213.360	860.640	2.581.920
>7.215 - 17.550	31.280	218.960	884.640	2.653.920
>17.550 - 34.396	31.680	221.760	896.640	2.689.920
>34.396 - 67.435	31.880	223.160	902.640	2.707.920
>67.435	32.080	224.560	908.640	2.725.920
BUQUES TANQUE				
<27.696	31.880	223.160	902.640	2.707.920
>27.696 - 34.396	32.080	224.560	908.640	2.725.920
>34.396 - 67.436	32.280	225.960	914.640	2.743.920
>67.436 - 83.763	32.680	228.760	926.640	2.779.920
>83.763	32.880	230.160	932.640	2.797.920

Del mismo fabricante que en el apartado anterior se escogen las bombas necesarias.

Los caudales de la segunda columna expresados en litros diarios se pasarán a litro por hora para hacerlos coincidentes con los del fabricante escogido.



**Tabla. 97: Consumo diario de agua en un buque producido por los tripulantes y la maquinaria a bordo en litros por hora.**

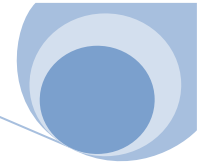
Valor de V (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DIARIO DE AGUA (L/h)
<587	<b>1.195</b>
>587 - 1.883	<b>1.228</b>
>1.883 - 3.327	<b>1.245</b>
>3.327 - 6.163	<b>1.262</b>
>6.163 - 7.215	<b>1.270</b>
>7.215 - 17.550	<b>1.303</b>
>17.550 - 34.396	<b>1.320</b>
>34.396 - 67.435	<b>1.328</b>
>67.435	<b>1.337</b>
BUQUES TANQUE	
<27.696	<b>1.328</b>
>27.696 - 34.396	<b>1.337</b>
>34.396 - 67.436	<b>1.345</b>
>67.436 - 83.763	<b>1.362</b>
<27.696	<b>1.370</b>

**Tabla. 98: Bomba seleccionada para el abastecimiento de los caudales de agua destilada en el generador.**

MODELO	CAUDAL (L/h)	POTENCIA CONSUMIDA (eKW)
HX 26T	<b>1.500</b>	<b>1,08</b>

Una única bomba se aplicará a todos los caudales ya que es capaz de abastecerlos todos.

En el Anexo E, también se incluye la información de la misma.



## 12. CONSUMO ECONÓMICO PRODUCIDO POR LAS BOMBAS DEL SISTEMA DE DESTILACIÓN

Para llegar a establecer un precio al consumo de las dos bombas, que se han determinado como las consecuentes de estipular el precio del agua a producir, y conociendo además el gasto energético de las mismas; se tiene que estimar el valor económico de un kilovatio a bordo de un buque, para conocer el gasto monetario de las bombas y así el precio del agua producida.

### 12.1. PRECIO DEL KILOVATIO A BORDO DE UN BUQUE

Los elementos encargados de producir electricidad, son los generadores eléctricos instalados cuyo funcionamiento es posible gracias a la quema de combustible. Tienen una capacidad muy elevada puesto que son los encargados de abastecer eléctricamente a todo el buque.

En el mercado existen varios modelos con diferentes producciones de electricidad, y según esta capacidad de producción gastan más o menos combustible. Para poder estandarizar un consumo medio, de un mismo fabricante, *Caterpillar*, escogido indiferentemente, se han seleccionado generadores con diferentes capacidades de producción y diferentes consumos. La información de cada uno de ellos se ve reflejada a continuación, además de encontrarse los catálogos correspondientes en el Anexo F pertinente:

**Tabla. 99: Generadores eléctricos con diferentes capacidades de producción eléctrica y sus consumos de combustible correspondientes.**

MODELO	POTENCIA ELÉCTRICA PRODUCIDA (eKW)	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (L/h)
CAT® C32 ATAAC DIESEL ENGINE	728	142,8
CAT® 3512B TA DIESEL ENGINE	1.056	206,3
CAT® 3512B-HD TA DIESEL ENGINE	1.200	231,9
CAT® 3516B TA DIESEL ENGINE	1.400	273,7
CAT® 3516B-HD TA DIESEL ENGINE	1.600	315,7
CAT® C175-16 DIESEL ENGINE	2.000	400



Puede apreciarse el aumento en el consumo de combustible en función de la capacidad de producción eléctrica de cada modelo escogido, de aquí la necesidad de valorar una potencia eléctrica producida y un consumo de combustible medios de todos ellos, siendo éstos de:

**Tabla. 100: Potencia eléctrica producida y consumo medios de un generador eléctrico a bordo.**

POTENCIA ELÉCTRICA MEDIA PRODUCIDA (eKW)	$\frac{728 + 1.056 + 1.200 + 1.400 + 1.600 + 2.000}{6} = 1.330,7 \text{ eKW}$
CONSUMO DE COMBUSTIBLE MEDIO (L/h)	$\frac{142,8 + 206,3 + 231,9 + 273,7 + 315,7 + 400}{6} = 261,73 \text{ L/h}$

Se dividen ambos valores para obtener los litros de combustible consumidos en una hora y necesarios para producir un kilovatio:

$$\frac{\text{Consumo de combustible } \left[ \frac{\text{L}}{\text{h}} \right]}{\text{Potencia eléctrica producida [eKW]}} =$$

Combustible consumido en una hora para producir un kilovatio  $\left[ \frac{\text{L}}{\text{h eKW}} \right]$  ECUACIÓN 12

$$\frac{261,73 \left[ \frac{\text{L}}{\text{h}} \right]}{1.330,7 [\text{eKW}]} = 0,1967 \frac{\text{L}}{\text{h eKW}}$$

## 12.2. PRECIO DEL COMBUSTIBLE

Como ya se ha mencionado, para producir electricidad, estos generadores han de quemar combustible, según las especificaciones del fabricante, éste es gasóleo. Por tanto, para saber el precio del kilovatio a bordo también es necesario conocer el precio de este combustible en el mercado marítimo. Este dato es facilitado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo a través de su web y se refleja seguidamente:



**Tabla. 101: Precio del gasóleo establecido y publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo en puertos de la costa española e islas.**

Fuente: <http://geoportal.mityc.es/hidrocarburos/eess/#>

Provincia	Localidad	Precio (€/L)	Provincia	Localidad	Precio (€/L)
ALICANTE	ALICANTE/ALACANT	1,468	GIRONA	BLANES	1,485
	ALTEA	1,488		ESCALA (L')	1,531
	ALTEA	1,51		LLANÇA	1,539
	DEHESA DE CAMPOAMOR	1,47		PALAMOS	1,519
	DENIA	1,498		PALAMOS	1,539
	MORAIRA	1,418		PORT DE LA SELVA (EL)	1,547
	PILAR DE LA HORADADA	1,473		ROSES	1,504
	SANTA POLA	1,409		TORROELLA DE MONTGRI	1,548
	SANTA POLA	1,41	GRANADA	HERRADURA (LA)	1,596
	VILLAJOSYOSA / VILA JOIOSA (LA)	1,491		MOTRIL	1,529
ALMERÍA	AGUADULCE	1,493	GUIPÚZCOA	DONOSTIA-SAN SEBASTIAN	1,486
	CARBONERAS	1,501	HUELVA	ROMPIDO (EL)	1,528
ASTURIAS	GIJON	1,541	MÁLAGA	BENALMADENA	1,52
BALEARS (ILLES)	CALA RATJADA	1,504		CALETA DE VELEZ	1,501
	CALVIA	1,501		FUENGIROLA	1,501
	CIUTADELLA DE MENORCA	1,504		MANILVA	1,596
	EIVISSA	1,523		MARBELLA	1,596
	FORNELLS	1,477	MURCIA	CABO DE PALOS	1,47
	LLUCMAJOR	1,508		CARTAGENA	1,47
	PALMA	1,504		PUERTO DE MAZARRON	1,485
	PALMA	1,509		SAN JAVIER	1,449
	PALMA	1,509		SAN PEDRO DEL PINATAR	1,56
	PLATJA DE PALMA	1,523	PONTEVEDRA	BAIONA	1,253
	PORT DE POLLENÇA	1,479		BAIONA	1,482
	RAPITA (SA)	1,501		BUEU	1,482
	SANTA PONÇA	1,5		CAMBADOS	1,435
	SAVINA, LA	1,548		CAMBADOS	1,482
	SOLLER	1,504		CANGAS	1,443
BARCELONA	BADALONA	1,529		GROVE (O)	1,429
	BARCELONA	1,559		ISLA DE AROSA	1,462



	BOTIGUES (LES)	1,549		PORTONOVO	1,482
	GARRAF	1,589		SANXENXO	1,501
	MATARO	1,574		VIGO	1,482
	SANT ADRIA DE BESOS	1,55		VILAXOAN	1,416
	SITGES	1,529		AMETLLA DE MAR (L')	1,459
	VILANOVA I LA GELTRU	1,499		AMETLLA DE MAR (L')	1,539
CÁDIZ	CHIPIONA	1,501	TARRAGONA	AMPOLLA (L')	1,539
CANTABRIA	MALIAÑO	1,509		DELTEBRE	1,512
	SANTANDER	1,486		HOSPITALET DE L'INFANT	1,529
CASTELLÓN / CASTELLÓ	BURRIANA	1,73		MASOS DE COMA-RUGA (ELS)	1,539
	CASTELLON DE LA PLANA	1,451		RODA DE BARA	1,539
	OROPESA	1,457		SEGUR DE CALAFELL	1,549
	PEÑISCOLA	1,457		TORREDEMBARRA	1,47
	VINAROS	1,457		OLIVA	1,447
				SUECA	1,468
CORUÑA (A)	CEDEIRA	1,482	VALENCIA / VALÈNCIA	VALENCIA	1,506
	CORUÑA (A)	1,507		VALENCIA	1,509
	CORUÑA (A)	1,512			
	FERROL	1,482	$\frac{\sum \text{Precios } [€/L]}{\text{Nº Localidades}} =$ <b>Precio medio del gasóleo</b> $\left[\frac{€}{L}\right]$ ECUACIÓN 13		
	MUROS	1,482			
	PORTOSIN	1,482			

Realizando la operación del recuadro verde se obtiene un precio medio de **1,5 euros el litro del gasóleo**.

Multiplicando el resultado obtenido en la ECUACIÓN 12 (Combustible consumido en una hora para producir un kilovatio [L/h eKW]) con el obtenido en la ECUACIÓN 13 (Precio medio del gasóleo [€/L]) se obtiene el coste económico por el consumo de gasóleo en una hora para producir un kilovatio:

Combustible consumido en una hora para producir un kilovatio  $\left[\frac{L}{h \text{ eKW}}\right] \times$

Precio medio del gasóleo  $\left[\frac{€}{L}\right] =$

Coste económico por el consumo de gasóleo en una hora para producir un kilovatio  $\left[\frac{€}{h \text{ eKW}}\right]$

ECUACIÓN 14



El combustible consumido en una hora para producir un kilovatio es de **0,1967 L/h eKW**, calculado en el apartado anterior. El precio medio del gasóleo, como ya se ha visto, es de **1,5 €/L**, por lo que se tiene que:

$$0,1967 \left[ \frac{\text{L}}{\text{h eKW}} \right] \times 1,5 \left[ \frac{\text{€}}{\text{L}} \right] = 0,2951 \frac{\text{€}}{\text{h eKW}}$$

En una hora de trabajo del generador eléctrico se ha de invertir 0,2951 euros para producir un kilovatio.

### 12.3. PRECIO CORRESPONDIENTE AL CONSUMO DE LAS BOMBAS SELECCIONADAS

Disponiendo de la información recopilada hasta el momento, ya puede establecerse un precio al consumo de las bombas del generador de agua dulce:

**Tabla. 102: Bombas de agua dulce y salada seleccionadas para abastecer los caudales del sistema destilador.**

MODELO	CAUDAL	POTENCIA CONSUMIDA (eKW)
BOMBAS DE AGUA SALADA		
ST2 100-26 / 600	270 (m³/h)	45
ST2 100-26 / 750	324 (m³/h)	55
ST2 100-26 / 1000	360 (m³/h)	75
ST2 125-20 / 1000	450 (m³/h)	
ST2 125-20 / 1000	500 (m³/h)	
ST4 150-40 / 1000	570 (m³/h)	
BOMBA DE AGUA DULCE		
HX 26T	1.500 (L/h)	1,08

Multiplicando el coste económico por el consumo de gasóleo en una hora para producir un kilovatio, obtenido en el cálculo anterior, por la potencia que consume cada bomba, se tiene el precio que conlleva activar una bomba durante una hora de trabajo:



Coste económico por el consumo de gasóleo en una hora para producir un kilovatio  $\left[ \frac{\text{€}}{\text{h eKW}} \right] \times$

Potencia consumida por la bomba [eKW] =

Consumo económico de una bomba durante una hora de trabajo  $\left[ \frac{\text{€}}{\text{h}} \right]$  ECUACIÓN 15

**Tabla. 103: Consumo económico de las bombas seleccionadas para abastecer el agua dulce y salada del sistema destilador.**

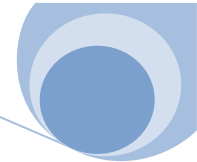
MODELO	CAUDAL	(A) POTENCIA CONSUMIDA (eKW)	(B) COSTE DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA (€/h eKW)	(A) × (B) CONSUMO ECONÓMICO (€/h)
BOMBAS DE AGUA SALADA				
ST2 100-26 / 600	270 (m³/h)	45	0,2951	13,28
ST2 100-26 / 750	324 (m³/h)	55		16,23
ST2 100-26 / 1000	360 (m³/h)	75		22,13
ST2 125-20 / 1000	450 (m³/h)			
ST2 125-20 / 1000	500 (m³/h)			
ST4 150-40 / 1000	570 (m³/h)			
BOMBA DE AGUA DULCE				
HX 26T	1.500 (L/h)	1,08	0,2951	0,32

Todo generador ha de llevar instalado en su sistema una bomba de agua salada y otra de agua dulce, por lo que el consumo económico final será la suma de ambas. A cada consumo de bomba salada se le añadirá el de la bomba de agua dulce de 0,32 €/h, siendo éstos los valores de la tabla 104:

**Tabla. 104: Consumo económico total producido por las bombas.**

CAUDAL (m³/h)	CONSUMO ECONÓMICO BOMBAS DE AGUA SALADA (€/h)	CAUDAL (L/h)	CONSUMO ECONÓMICO BOMBA DE AGUA DULCE (€/h)	CONSUMO ECONÓMICO TOTAL (€/h)
270	13,28	1.500	0,32	13,6
324	16,23			16,55
360	22,13			22,45
450				
500				
570				





### 13. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO

Para llegar a establecer un precio al agua producida a bordo, se han determinado las dos bombas que consumen energía en el sistema de producción de ésta en el generador: la bomba de agua salada y la de agua dulce. Además se conoce el consumo energético de las mismas y la repercusión económica correspondiente.

Finalmente, se puede estimar el valor económico del litro de agua producida por el elemento destilador, para la producción del destilado a diferentes temperaturas del agua de mar.

Para el cálculo, se divide el consumo económico total de las bombas (tabla 104), entre el consumo diario de agua en un buque producido por los tripulantes y la maquinaria a bordo en litros por hora (tabla 97), para obtener los euros que cuesta un litro de agua producida por el generador.

$$\frac{\text{Consumo económico de una bomba durante una hora de trabajo} \left[ \frac{\text{€}}{\text{h}} \right]}{\text{Consumo total de agua a bordo} \left[ \frac{\text{L}}{\text{h}} \right]} = \text{Precio del agua producida} \left[ \frac{\text{€}}{\text{L}} \right]$$

ECUACIÓN 16

Seguidamente, se multiplica este precio por los consumos semanales y mensuales en los buques detallados en la tabla 72 de la primera parte del presente análisis, para poder conocer la repercusión económica que supone para un buque, consumir el agua que ha producido a bordo.



**Tabla. 72: Consumo de agua en un buque producido por la tripulación y maquinaria a bordo.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DE AGUA (L/día)	CONSUMO DE AGUA (L/semana)	CONSUMO DE AGUA (L/mes)	CONSUMO DE AGUA (L/3 meses)
<587	<b>28.680</b>	<b>200.760</b>	<b>806.640</b>	<b>2.419.920</b>
>587 - 1.883	<b>29.480</b>	<b>206.360</b>	<b>830.640</b>	<b>2.491.920</b>
>1.883 - 3.327	<b>29.880</b>	<b>209.160</b>	<b>842.640</b>	<b>2.527.920</b>
>3.327 - 6.163	<b>30.280</b>	<b>211.960</b>	<b>854.640</b>	<b>2.563.920</b>
>6.163 - 7.215	<b>30.480</b>	<b>213.360</b>	<b>860.640</b>	<b>2.581.920</b>
>7.215 - 17.550	<b>31.280</b>	<b>218.960</b>	<b>884.640</b>	<b>2.653.920</b>
>17.550 - 34.396	<b>31.680</b>	<b>221.760</b>	<b>896.640</b>	<b>2.689.920</b>
>34.396 - 67.435	<b>31.880</b>	<b>223.160</b>	<b>902.640</b>	<b>2.707.920</b>
>67.435	<b>32.080</b>	<b>224.560</b>	<b>908.640</b>	<b>2.725.920</b>
BUQUES TANQUE				
<27.696	<b>31.880</b>	<b>223.160</b>	<b>902.640</b>	<b>2.707.920</b>
>27.696 - 34.396	<b>32.080</b>	<b>224.560</b>	<b>908.640</b>	<b>2.725.920</b>
>34.396 - 67.436	<b>32.280</b>	<b>225.960</b>	<b>914.640</b>	<b>2.743.920</b>
>67.436 - 83.763	<b>32.680</b>	<b>228.760</b>	<b>926.640</b>	<b>2.779.920</b>
>83.763	<b>32.880</b>	<b>230.160</b>	<b>932.640</b>	<b>2.797.920</b>

Finalmente se hace el balance con relación al precio del suministro de agua en los puertos de la costa española y de la repercusión económica correspondiente a los períodos de tiempo establecidos reflejados en la tabla de *ANÁLISIS 1*.



### 13.1. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=2^{\circ}\text{C}$

Tabla. 105: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de  $2^{\circ}\text{C}$ .

INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m³/h)	(A) CONSUMO ECONÓMICO TOTAL (€/h)	(B) CONSUMO DE AGUA (L/h)	(A) ÷ (B) PRECIO DEL AGUA (€/L)
<862,64	244,05	13,6	1.195	0,01138
>862,64 - 951,40	252,15		1.228	0,01107
>951,40 - 1.067,32	257,63		1.245	0,01092
>1.067,32 - 1.430,09	268,06	16,55	1.262	0,01311
>1.430,09 - 1.536,96	271,78		1.270	0,01303
>1.536,96 - 2.295,02	293,29		1.303	0,01270
>2.295,02 - 3.175,85	314,10	22,45	1.320	0,01701
>3.175,85 - 4.582,91	343,86		1.328	0,01691
>4.582,91	345,44		1.337	0,01679
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	308,29	22,45	1.328	0,01679
>2.806,77 - 3.175,85	317,26		1.337	0,01669
>3.175,85 - 4.582,91	347,02		1.345	0,01648
>4.582,91 - 5.062,35	359,79		1.362	0,01639
>5.062,35	361,37		1.370	0,01679
		PRECIO MEDIO		0,01473



▪ Repercusión económica

**Tabla. 106: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 2°C.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	PRECIO DEL AGUA (€/L)	REPERCUSIÓN SEMANAL (€/semana)	REPERCUSIÓN MENSUAL (€/mes)	REPERCUSIÓN ANUAL (€/año)
<587	0,01138	<b>2.284,80</b>	<b>9.180,17</b>	<b>119.136,00</b>
>587 - 1.883	0,01107	<b>2.285,42</b>	<b>9.199,27</b>	<b>119.168,34</b>
>1.883 - 3.327	0,01092	<b>2.284,80</b>	<b>9.204,74</b>	<b>119.136,00</b>
>3.327 - 6.163	0,01311	<b>2.779,67</b>	<b>11.207,84</b>	<b>144.939,71</b>
>6.163 - 7.215	0,01303	<b>2.780,40</b>	<b>11.215,43</b>	<b>144.978,00</b>
>7.215 - 17.550	0,01270	<b>2.781,11</b>	<b>11.236,22</b>	<b>145.015,09</b>
>17.550 - 34.396	0,01701	<b>3.771,60</b>	<b>15.249,67</b>	<b>196.662,00</b>
>34.396 - 67.435	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>67.435	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
BUQUES TANQUE				
<27.696	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>27.696 - 34.396	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
>34.396 - 67.436	0,01669	<b>3.771,60</b>	<b>15.266,67</b>	<b>196.662,00</b>
>67.436 - 83.763	0,01648	<b>3.770,68</b>	<b>15.273,91</b>	<b>196.613,87</b>
>83.763	0,01639	<b>3.771,60</b>	<b>15.283,04</b>	<b>196.662,00</b>
<b>VALOR MEDIO</b>	<b>0,01473</b>	<b>3.240,58</b>	<b>13.096,43</b>	<b>168.972,98</b>
INFORMACIÓ DE LA TABLA: ANÁLISIS 1				
<b>5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA</b>	<b>0,03521 €/L</b>	<b>7.702,54 €/semana</b>	<b>31.117,99 €/mes</b>	<b>401.632,42 €/año</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>-0,02048</b>	<b>-4.461,96</b>	<b>-18.021,56</b>	<b>-232.659,44</b>



### 13.2. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=7^{\circ}\text{C}$

Tabla. 107: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de  $7^{\circ}\text{C}$ .

INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m³/h)	(A) CONSUMO ECONÓMICO TOTAL (€/h)	(B) CONSUMO DE AGUA (L/h)	(A) ÷ (B) PRECIO DEL AGUA (€/L)
<862,64	246,95	13,6	1.195	0,01138
>862,64 - 951,40	255,31		1.228	0,01107
>951,40 - 1.067,32	261,11		1.245	0,01092
>1.067,32 - 1.430,09	272,50	16,55	1.262	0,01311
>1.430,09 - 1.536,96	276,51		1.270	0,01303
>1.536,96 - 2.295,02	300,04		1.303	0,01270
>2.295,02 - 3.175,85	323,18	22,45	1.320	0,01701
>3.175,85 - 4.582,91	356,66		1.328	0,01691
>4.582,91	358,25		1.337	0,01679
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	316,40	22,45	1.328	0,01691
>2.806,77 - 3.175,85	326,35		1.337	0,01679
>3.175,85 - 4.582,91	359,83		1.345	0,01669
>4.582,91 - 5.062,35	373,87		1.362	0,01648
>5.062,35	375,46		1.370	0,01639
		PRECIO MEDIO		0,01473



▪ Repercusión económica

**Tabla. 108: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 7°C.**

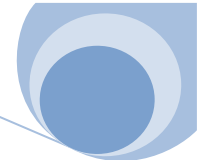
Valor de V (m <sup>3</sup> )	PRECIO DEL AGUA (€/L)	REPERCUSIÓN SEMANAL (€/semana)	REPERCUSIÓN MENSUAL (€/mes)	REPERCUSIÓN ANUAL (€/año)
<587	0,01138	<b>2.284,80</b>	<b>9.180,17</b>	<b>119.136,00</b>
>587 - 1.883	0,01107	<b>2.285,42</b>	<b>9.199,27</b>	<b>119.168,34</b>
>1.883 - 3.327	0,01092	<b>2.284,80</b>	<b>9.204,74</b>	<b>119.136,00</b>
>3.327 - 6.163	0,01311	<b>2.779,67</b>	<b>11.207,84</b>	<b>144.939,71</b>
>6.163 - 7.215	0,01303	<b>2.780,40</b>	<b>11.215,43</b>	<b>144.978,00</b>
>7.215 - 17.550	0,01270	<b>2.781,11</b>	<b>11.236,22</b>	<b>145.015,09</b>
>17.550 - 34.396	0,01701	<b>3.771,60</b>	<b>15.249,67</b>	<b>196.662,00</b>
>34.396 - 67.435	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>67.435	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
BUQUES TANQUE				
<27.696	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>27.696 - 34.396	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
>34.396 - 67.436	0,01669	<b>3.771,60</b>	<b>15.266,67</b>	<b>196.662,00</b>
>67.436 - 83.763	0,01648	<b>3.770,68</b>	<b>15.273,91</b>	<b>196.613,87</b>
>83.763	0,01639	<b>3.771,60</b>	<b>15.283,04</b>	<b>196.662,00</b>
<b>VALOR MEDIO</b>	<b>0,01473</b>	<b>3.240,58</b>	<b>13.096,43</b>	<b>168.972,98</b>
<b>INFORMACIÓ DE LA TABLA: ANÁLISIS 1</b>				
<b>5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA</b>	<b>0,03521 €/L</b>	<b>7.702,54 €/semana</b>	<b>31.117,99 €/mes</b>	<b>401.632,42 €/año</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>-0,02048</b>	<b>-4461,96</b>	<b>-18021,56</b>	<b>-232659,44</b>



### 13.3. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=13^{\circ}\text{C}$

Tabla. 109: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de  $13^{\circ}\text{C}$ .

INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m <sup>3</sup> /h)	(A) CONSUMO ECONÓMICO TOTAL (€/h)	(B) CONSUMO DE AGUA (L/h)	(A) ÷ (B) PRECIO DEL AGUA (€/L)
<862,64	251,10	13,6	1.195	0,01138
>862,64 - 951,40	259,84		1.228	0,01107
>951,40 - 1.067,32	266,14	16,55	1.245	0,01329
>1.067,32 - 1.430,09	279,09		1.262	0,01311
>1.430,09 - 1.536,96	283,56		1.270	0,01303
>1.536,96 - 2.295,02	310,32		1.303	0,01270
>2.295,02 - 3.175,85	337,22	22,45	1.320	0,01701
>3.175,85 - 4.582,91	376,69		1.328	0,01691
>4.582,91	378,28		1.337	0,01679
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	328,87	22,45	1.328	0,01691
>2.806,77 - 3.175,85	340,39		1.337	0,01679
>3.175,85 - 4.582,91	379,87		1.345	0,01669
>4.582,91 - 5.062,35	395,95		1.362	0,01648
>5.062,35	397,54		1.370	0,01639
		PRECIO MEDIO		0,01138



▪ Repercusión económica

**Tabla. 110: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 13°C.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	PRECIO DEL AGUA (€/L)	REPERCUSIÓN SEMANAL (€/semana)	REPERCUSIÓN MENSUAL (€/mes)	REPERCUSIÓN ANUAL (€/año)
<587	0,01138	<b>2.284,80</b>	<b>9.180,17</b>	<b>119.136,00</b>
>587 - 1.883	0,01107	<b>2.285,42</b>	<b>9.199,27</b>	<b>119.168,34</b>
>1.883 - 3.327	0,01329	<b>2.780,40</b>	<b>11.201,36</b>	<b>144.978,00</b>
>3.327 - 6.163	0,01311	<b>2.779,67</b>	<b>11.207,84</b>	<b>144.939,71</b>
>6.163 - 7.215	0,01303	<b>2.780,40</b>	<b>11.215,43</b>	<b>144.978,00</b>
>7.215 - 17.550	0,01270	<b>2.781,11</b>	<b>11.236,22</b>	<b>145.015,09</b>
>17.550 - 34.396	0,01701	<b>3.771,60</b>	<b>15.249,67</b>	<b>196.662,00</b>
>34.396 - 67.435	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>67.435	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
BUQUES TANQUE				
<27.696	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>27.696 - 34.396	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
>34.396 - 67.436	0,01669	<b>3.771,60</b>	<b>15.266,67</b>	<b>196.662,00</b>
>67.436 - 83.763	0,01648	<b>3.770,68</b>	<b>15.273,91</b>	<b>196.613,87</b>
>83.763	0,01639	<b>3.771,60</b>	<b>15.283,04</b>	<b>196.662,00</b>
<b>VALOR MEDIO</b>	<b>0,01138</b>	<b>3.275,98</b>	<b>13.239,04</b>	<b>170.818,83</b>
INFORMACIÓ DE LA TABLA: ANÁLISIS 1				
<b>5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA</b>	<b>0,03521 €/L</b>	<b>7.702,54 €/semana</b>	<b>31.117,99 €/mes</b>	<b>401.632,42 €/año</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>-0,02031</b>	<b>-4.426,56</b>	<b>-17.878,95</b>	<b>-230.813,59</b>





### 13.4. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=22^{\circ}\text{C}$

Tabla. 111: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de  $22^{\circ}\text{C}$ .

INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m <sup>3</sup> /h)	(A) CONSUMO ECONÓMICO TOTAL (€/h)	(B) CONSUMO DE AGUA (L/h)	(A) ÷ (B) PRECIO DEL AGUA (€/L)
<862,64	260,53	16,55	1.195	0,01385
>862,64 - 951,40	270,22		1.228	0,01348
>951,40 - 1.067,32	277,74		1.245	0,01329
>1.067,32 - 1.430,09	294,52		1.262	0,01311
>1.430,09 - 1.536,96	300,11		1.270	0,01303
>1.536,96 - 2.295,02	334,88	22,45	1.303	0,01723
>2.295,02 - 3.175,85	371,06		1.320	0,01701
>3.175,85 - 4.582,91	425,36		1.328	0,01691
>4.582,91	426,95		1.337	0,01679
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	358,82	22,45	1.328	0,01691
>2.806,77 - 3.175,85	374,24		1.337	0,01679
>3.175,85 - 4.582,91	428,55		1.345	0,01669
>4.582,91 - 5.062,35	449,69		1.362	0,01648
>5.062,35	451,28		1.370	0,01639
		PRECIO MEDIO		0,01557



▪ Repercusión económica

**Tabla. 112: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 22°C.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	PRECIO DEL AGUA (€/L)	REPERCUSIÓN SEMANAL (€/semana)	REPERCUSIÓN MENSUAL (€/mes)	REPERCUSIÓN ANUAL (€/año)
<587	0,01385	<b>2.780,40</b>	<b>11.171,46</b>	<b>144.978,00</b>
>587 - 1.883	0,01348	<b>2.781,15</b>	<b>11.194,70</b>	<b>145.017,35</b>
>1.883 - 3.327	0,01329	<b>2.780,40</b>	<b>11.201,36</b>	<b>144.978,00</b>
>3.327 - 6.163	0,01311	<b>2.779,67</b>	<b>11.207,84</b>	<b>144.939,71</b>
>6.163 - 7.215	0,01303	<b>2.780,40</b>	<b>11.215,43</b>	<b>144.978,00</b>
>7.215 - 17.550	0,01723	<b>3.772,56</b>	<b>15.241,88</b>	<b>196.712,31</b>
>17.550 - 34.396	0,01701	<b>3.771,60</b>	<b>15.249,67</b>	<b>196.662,00</b>
>34.396 - 67.435	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>67.435	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
BUQUES TANQUE				
<27.696	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>27.696 - 34.396	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
>34.396 - 67.436	0,01669	<b>3.771,60</b>	<b>15.266,67</b>	<b>196.662,00</b>
>67.436 - 83.763	0,01648	<b>3.770,68</b>	<b>15.273,91</b>	<b>196.613,87</b>
>83.763	0,01639	<b>3.771,60</b>	<b>15.283,04</b>	<b>196.662,00</b>
<b>VALOR MEDIO</b>	<b>0,01557</b>	<b>3.417,61</b>	<b>13.809,93</b>	<b>178.203,71</b>
<b>INFORMACIÓ DE LA TABLA: ANÁLISIS 1</b>				
<b>5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA</b>	<b>0,03521 €/L</b>	<b>7.702,54 €/semana</b>	<b>31.117,99 €/mes</b>	<b>401.632,42 €/año</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>-0,01964</b>	<b>-4.284,93</b>	<b>-17.308,06</b>	<b>-223.428,71</b>



### 13.5. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO PARA $T_{1(AS)}=28^{\circ}\text{C}$

Tabla. 113: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de  $28^{\circ}\text{C}$ .

INTERVALOS	$\dot{m}_{AST}$ (m <sup>3</sup> /h)	(A) CONSUMO ECONÓMICO TOTAL (€/h)	(B) CONSUMO DE AGUA (L/h)	(A) ÷ (B) PRECIO DEL AGUA (€/L)
<862,64	272,03	16,55	1.195	0,01385
>862,64 - 951,40	282,89		1.228	0,01348
>951,40 - 1.067,32	291,95		1.245	0,01329
>1.067,32 - 1.430,09	313,53		1.262	0,01311
>1.430,09 - 1.536,96	320,53		1.270	0,01303
>1.536,96 - 2.295,02	365,33	22,45	1.303	0,01723
>2.295,02 - 3.175,85	413,16		1.320	0,01701
>3.175,85 - 4.582,91	486,06		1.328	0,01691
>4.582,91	487,66		1.337	0,01679
BUQUES TANQUE				
<2.806,77	396,04	22,45	1.328	0,01691
>2.806,77 - 3.175,85	416,34		1.337	0,01679
>3.175,85 - 4.582,91	489,25		1.345	0,01669
>4.582,91 - 5.062,35	516,73		1.362	0,01648
>5.062,35	518,33		1.370	0,01639
		PRECIO MEDIO		0,01557



▪ Repercusión económica

**Tabla. 114: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 28°C.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	PRECIO DEL AGUA (€/L)	REPERCUSIÓN SEMANAL (€/semana)	REPERCUSIÓN MENSUAL (€/mes)	REPERCUSIÓN ANUAL (€/año)
<587	0,01385	<b>2.780,40</b>	<b>11.171,46</b>	<b>144.978,00</b>
>587 - 1.883	0,01348	<b>2.781,15</b>	<b>11.194,70</b>	<b>145.017,35</b>
>1.883 - 3.327	0,01329	<b>2.780,40</b>	<b>11.201,36</b>	<b>144.978,00</b>
>3.327 - 6.163	0,01311	<b>2.779,67</b>	<b>11.207,84</b>	<b>144.939,71</b>
>6.163 - 7.215	0,01303	<b>2.780,40</b>	<b>11.215,43</b>	<b>144.978,00</b>
>7.215 - 17.550	0,01723	<b>3.772,56</b>	<b>15.241,88</b>	<b>196.712,31</b>
>17.550 - 34.396	0,01701	<b>3.771,60</b>	<b>15.249,67</b>	<b>196.662,00</b>
>34.396 - 67.435	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>67.435	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
BUQUES TANQUE				
<27.696	0,01691	<b>3.772,55</b>	<b>15.259,24</b>	<b>196.711,36</b>
>27.696 - 34.396	0,01679	<b>3.770,66</b>	<b>15.257,27</b>	<b>196.612,97</b>
>34.396 - 67.436	0,01669	<b>3.771,60</b>	<b>15.266,67</b>	<b>196.662,00</b>
>67.436 - 83.763	0,01648	<b>3.770,68</b>	<b>15.273,91</b>	<b>196.613,87</b>
>83.763	0,01639	<b>3.771,60</b>	<b>15.283,04</b>	<b>196.662,00</b>
<b>VALOR MEDIO</b>	<b>0,01557</b>	<b>3.417,61</b>	<b>13.809,93</b>	<b>178.203,71</b>
<b>INFORMACIÓN DE LA TABLA: ANÁLISIS 1</b>				
<b>5.3. REPERCUSIÓN ECONÓMICA</b>	<b>0,03521 €/L</b>	<b>7.702,54 €/semana</b>	<b>31.117,99 €/mes</b>	<b>401.632,42 €/año</b>
<b>DIFERENCIA</b>	<b>-0,01964</b>	<b>-4.284,93</b>	<b>-17.308,06</b>	<b>-223.428,71</b>

Previamente se ha tenido en cuenta el volumen de los espacios cerrados del buque para establecer una tripulación mínima a bordo, con el objetivo de establecer un consumo diario producido por actividades rutinarias de los mismos, sin embargo, la variación de precio del litro de agua de un buque a otro no tiene gran variación. Finalmente, se ha calculado un valor medio con el que se ha hecho la comparación y balance económico con relación a los precios del agua en los puertos de la costa española.

Como dato concluyente de cada una de las tablas en las que se refleja la repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo para diferentes temperaturas



de entrada de agua de mar, se refleja que tal producción es hasta tres veces más económico que aprovisionarse de este bien en un puerto de la costa española.



#### 14. DATOS CONSUYENTES DEL SEGUNDO ANÁLISIS

##### ANÁLISIS 2

APARTADO	DATOS OBTENIDOS				
15. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO (valores medios)	$T_{1(AS)}=2^{\circ}\text{C}$	$T_{1(AS)}=7^{\circ}\text{C}$	$T_{1(AS)}=13^{\circ}\text{C}$	$T_{1(AS)}=22^{\circ}\text{C}$	$T_{1(AS)}=28^{\circ}\text{C}$
	0,01473 €/L	0,01473 €/L	0,01138 €/L	0,01557 €/L	0,01557 €/L
15. PRECIO DEL AGUA PRODUCIDA A BORDO:  ▪ Repercusión Económica (valores medios)	$T_{1(AS)}$	€/semana	€/mes	€/año	
	2°C	3.240,58	13.096,43	168.972,98	
	7°C	3.240,58	13.096,43	168.972,98	
	13°C	3.275,98	13.239,04	170.818,83	
	22°C	3.417,61	13.809,93	178.203,71	
	28°C	3.417,61	13.809,93	178.203,71	



## 15. PRECIO ESTIMADO DE LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA

Se ha confirmado que la producción de agua potable a bordo es más rentable que comprarla en un puerto de la costa española.

Pero hay que tener en cuenta los costes que sugiere la implantación de este sistema en un buque mercante y consecuentemente, conocer en qué período de tiempo se amortizaría la inversión inicial.

Para aplicar un precio a esta implantación se ha hecho la recerca del precio en el mercado de un generador de agua dulce, además de las bombas de agua dulce y salada y una estimación del precio de las tuberías a instalar en función de los metros necesarios.

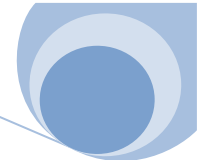
- Generador de agua dulce

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/fresh-water-generator-226750704.html>



Se ha escogido este modelo ya que ofrece variedad de capacidades de producción de agua que varían de 1 a 50 m<sup>3</sup> diarios. El precio es de 7.836,99 y 31.347,96 euros respectivamente.

Según los consumos diarios reflejados en la segunda columna de la tabla 72:



**Tabla. 72: Consumo de agua en un buque producido por la tripulación y maquinaria a bordo.**

Valor de V (m <sup>3</sup> )	CONSUMO DE AGUA (L/día)	CONSUMO DE AGUA (L/semana)	CONSUMO DE AGUA (L/mes)	CONSUMO DE AGUA (L/3 meses)
<587	<b>28.680</b>	<b>200.760</b>	<b>806.640</b>	<b>2.419.920</b>
>587 - 1.883	<b>29.480</b>	<b>206.360</b>	<b>830.640</b>	<b>2.491.920</b>
>1.883 - 3.327	<b>29.880</b>	<b>209.160</b>	<b>842.640</b>	<b>2.527.920</b>
>3.327 - 6.163	<b>30.280</b>	<b>211.960</b>	<b>854.640</b>	<b>2.563.920</b>
>6.163 - 7.215	<b>30.480</b>	<b>213.360</b>	<b>860.640</b>	<b>2.581.920</b>
>7.215 - 17.550	<b>31.280</b>	<b>218.960</b>	<b>884.640</b>	<b>2.653.920</b>
>17.550 - 34.396	<b>31.680</b>	<b>221.760</b>	<b>896.640</b>	<b>2.689.920</b>
>34.396 - 67.435	<b>31.880</b>	<b>223.160</b>	<b>902.640</b>	<b>2.707.920</b>
>67.435	<b>32.080</b>	<b>224.560</b>	<b>908.640</b>	<b>2.725.920</b>
BUQUES TANQUE				
<27.696	<b>31.880</b>	<b>223.160</b>	<b>902.640</b>	<b>2.707.920</b>
>27.696 - 34.396	<b>32.080</b>	<b>224.560</b>	<b>908.640</b>	<b>2.725.920</b>
>34.396 - 67.436	<b>32.280</b>	<b>225.960</b>	<b>914.640</b>	<b>2.743.920</b>
>67.436 - 83.763	<b>32.680</b>	<b>228.760</b>	<b>926.640</b>	<b>2.779.920</b>
>83.763	<b>32.880</b>	<b>230.160</b>	<b>932.640</b>	<b>2.797.920</b>

Van de los 28.680 a los 32.880 litros al día por ello se escoge el precio de un generador con una capacidad de 30.000 litros de producción diaria.

Teniendo como referencia los dos precios mencionados anteriormente, se concluye que para la producción escogida el precio es de **18.808,78 €**.

- Bomba de agua salada

La bomba seleccionada para el caudal de agua salada necesario para un generador de esta capacidad de producción, según la clasificación de las bombas realizada en el apartado 10. *BOMBAS PARA ABASTECER EL CAUDAL DE AGUA SALADA*, es el modelo ST2 100 26 / 600, con cabida de hasta 270 m<sup>3</sup>/h y un consumo de 45 eKW.

De características semejantes se ha hallado la siguiente bomba:





Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/corrosion-resistant-sea-water-centrifugal-pump-555480968.html>



Su consumo energético es un poco mayor que la original, de 55 eKW y el caudal capaz de bombear un poco menor, de 190 m<sup>3</sup>/h. De la misma gama se encuentran bombas con más capacidad, pero sin la inclusión del precio, por ello se ha escogida la presente. Su coste es de **783,7 €** para

esta capacidad de bombeo, siendo más cara si su capacidad fuese mayor.

- Bomba de agua dulce

El modelo HX 26T correspondiente a la bomba de agua dulce escogida en el apartado 11. *BOMBAS PARA ABASTECER EL CAUDAL DE AGUA DULCE PRODUCIDA POR EL GENERADOR*, tiene 1.500 L/h de capacidad para bombear y un consumo de 1,08 eKW.

Con el consumo eléctrico parecido, de 0,75 eKW se encuentra la siguiente bomba:

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/marine-boiler-hot-water-freshwater-circulating-pump-560791703.html>



Su precio es de **2.351,1 €**. La diferencia con el precio de la bomba de agua salada es considerable ya que su capacidad de bombeo es más elevada que la necesaria, siendo de hasta 6 m<sup>3</sup>/h, pero al haber tomado una bomba más barata en el caso anterior, se consigue equilibrar la diferencia con

esta última.



- Tuberías del sistema

Otro gasto importante en la implantación del sistema son las tuberías que formarán el recorrido a seguir tanto por el agua salda como por el agua a producir.

El material escogido para éstas es el acero inoxidable ya que es adecuado para ambos fluidos y no sufriría corrosiones.

Las tuberías destacadas en el manual del generador incluido en el Anexo D y utilizado para otros datos de referencia en el presente proyecto, son de entre 1 y 5 pulgadas de diámetro, por ello se escogerá un diámetro intermedio de 2 ½".

El precio en el mercado de una tubería con estas características es de 132,87 € para cada 3 metros de longitud, es decir, **44,29 €/m**.

Fuente: <http://es.rs-online.com/web/p/tuberias-de-acero-inoxidable-no-roscado/2654952/>





**Tabla. 115: Estimación del precio de la implantación del sistema destilador a bordo de un buque mercante.**

ELEMENTOS	CARACTERÍSTICAS		PRECIO
GENERADOR	30.000 L/día		18.808,78 €
BOMBA DE AGUA SALADA	CAPACIDAD	CONSUMO	783,7 €
	270 m³/h	45 eKW	
BOMBA DE AGUA DULCE	CAPACIDAD	CONSUMO	2.351,1 €
	6 m³/h	0,75 eKW	
TUBERÍA	Acero inoxidable		44,29 €/m
PRECIO TOTAL DE LA INSTALACIÓN			18.808,78 + 783,7 + 2.351,1 + 44,29m = 21.943,58 + 44,29m
*m: metros necesarios de tubería			

El precio total de la instalación variará en función de los metros necesarios de tubería para realizar el recorrido apropiado para cada fluido.

Entonces, a modo de ejemplo, para un recorrido total, entre el agua salada y dulce, de 20 metros, el precio sería de 22.829,38 €.





# CAPÍTULO 3

---

## CONCLUSIONES

---



Del segundo análisis realizado, se observa que a medida que la temperatura del agua de mar, con la que entra al generador, aumenta, también lo hace el precio de producción del agua dulce, aunque en ningún caso supera el precio con el que se suministra en los puertos de la costa española.

Este aumento del precio con relación a la temperatura viene dado por el condensador. Esto se debe a que, si el agua salada está caliente, se necesita más cantidad de la misma en circulación por el interior de los tubos, para que pueda absorber todo el calor que le cede el vapor y éste pueda realizar el cambio de estado.

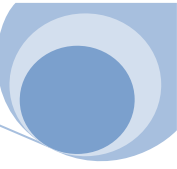
En vista de los precios por cada litro de agua y de la repercusión económica que conllevan a un buque producirla a bordo, se confirma el beneficio económico de la disposición de este elemento destilador.

Este dato también se confirma por la observación de la demanda de agua de los buques mercantes en los puertos españoles, siendo ésta de hasta 660.000 L/año, mientras que si se presta atención a la tabla 72 se detecta que en un mes un buque ya ha consumido a bordo más de esta cifra.

Esto demuestra la tendencia de aprovisionarse de agua por otros medios más rentables y eficaces que su compra directa en puerto.

Efectivamente, queda demostrado y documentado este ahorro en el coste de producción a bordo en comparación con el suministro del agua en puerto.

Es posible considerar que haya excedentes de agua, siempre y cuando éstos no comprometan espacios útiles, que se puedan suministrar desde el buque, a otros usuarios en el caso de visitar zonas con escasez o en la que sea muy costosa. No se trata de una alternativa comercial, pero sí podría significar el estudio de producción a gran escala en determinadas flotas con tráficos regulares y que visiten lugares con problemáticas hídricas particulares.





# ANEXOS

---





**ANEXO A: ORDEN MINISTERIAL DEL 14 DE JULIO DE 1964.**

serán los correspondientes a las asignaturas «Pesca marítima» y la legislación marítimo-pesquera de la de «Derecho marítimo» establecidos por la Orden ministerial de Comercio de fecha 9 de marzo de 1964 («Boletín Oficial del Estado» número 97) para la obtención de los títulos de pesca.

Lo que someto a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 14 de julio de 1964.

ULLASTRES

Ilmo. Sr. Subsecretario de la Marina Mercante.

**ORDEN de 14 de julio de 1964 por la que se fija el cuadro indicador de tripulaciones mínimas para buques mercantes y de pesca.**

Ilustrísimos señores:

El avance de la técnica naval en los últimos años ha producido una evidente simplificación de los trabajos a bordo, que aconseja la publicación de un nuevo cuadro indicador del personal mínimo que ha de tripular los buques mercantes y de pesca españoles, ajustado a las necesidades actuales.

En su virtud, a propuesta de la Subsecretaría de la Marina Mercante y oído el Consejo Ordenador de Transportes Marítimos y Pesca Marítima, este Ministerio ha tenido a bien disponer:

Artículo 1.º Las tripulaciones de los buques mercantes y de pesca nacionales se ajustarán a partir de primero de agosto próximo a lo dispuesto en la presente Orden ministerial, teniendo en cuenta que el número y las categorías profesionales de los tripulantes que se fijan para cada caso son los mínimos que deben llevar los buques para que la navegación se realice en las debidas condiciones de seguridad. Las Empresas armadoras, por tanto, podrán cubrir las plazas con individuos que posean titulaciones superiores, así como ampliar su número cuando lo consideren conveniente dentro de los límites que les permita el Certificado de Seguridad del buque.

Art. 2.º A petición de parte interesada y oyendo previamente a la Comisión Permanente del Consejo Ordenador de Transportes Marítimos y Pesca Marítima, la Dirección General de Navegación podrá autorizar las modificaciones que estime procedentes en el número de tripulantes de cada buque, según el grado especial de automatización de sus servicios o las particularidades del tráfico a que se dedique.

Art. 3.º Las Comandancias de Marina harán constar en el rol de cada buque el número y categorías profesionales de los tripulantes que le corresponden de acuerdo con la presente Orden ministerial, no pudiendo despachar ningún buque que no lleve completa su tripulación mínima.

Art. 4.º El personal titulado de puente con que han de contar, como mínimo, los buques mercantes será el siguiente:

4.1. Buques mayores de 2.000 toneladas R. B. C.:

Un Capitán de la Marina Mercante.  
Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.  
Dos Pilotos de la Marina Mercante de segunda clase.

4.2. Buques de más de 900 a 2.000 toneladas R. B. C.:

Un Capitán de la Marina Mercante.  
Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.  
Un Piloto de la Marina Mercante de segunda clase.

4.3. Buques de más de 500 a 900 toneladas R. B. C.:

Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.  
Un Piloto de la Marina Mercante de segunda clase.

4.4. Buques de más de 150 a 500 toneladas R. B. C.:

4.4.1. Cuando transporten más pasajeros que tripulantes:  
Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.

4.4.2. Cuando no transporten pasajeros o sean éstos menos que los tripulantes:

4.4.2.1. En navegaciones dentro de las dos zonas del Patrón mayor de Cabotaje fijadas en el punto 4 del artículo segundo del Decreto 629/1963:

Un Patrón mayor de Cabotaje.

4.4.2.2. En navegaciones para trasladarse de una a otra de las zonas mencionadas en el apartado 4.4.2.1.:

Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.

4.4.2.3. En navegaciones no comprendidas en los apartados 4.4.2.1. y 4.4.2.2.:

Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.  
Un Piloto de la Marina Mercante de segunda clase.

4.5. Buques de más de 20 a 150 toneladas R. B. C. (excepto en el tráfico interior de puertos):

4.5.1. Cuando transporten más de 250 pasajeros:

Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.

4.5.2. Cuando transporten un número de pasajeros mayor que el de tripulantes y no superior a 250:

4.5.2.1. En navegaciones dentro de las tres zonas del Patrón de Cabotaje fijadas en el punto 5 del artículo segundo del Decreto 629/1963, y siempre que naveguen a menos de tres millas de la costa y en períodos restringidos:

Un Patrón mayor de Cabotaje.

4.5.2.2. En navegaciones dentro de las zonas mencionadas en el apartado 4.5.2.1., cuando naveguen a más de tres millas de la costa o en períodos no restringidos:

Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.

4.5.3. Cuando no transporten pasajeros o sean éstos menos que los tripulantes:

4.5.3.1. En navegaciones dentro de cada una de las tres zonas del Patrón de Cabotaje fijadas en el punto 5 del artículo segundo del Decreto 629/1963:

Un Patrón de Cabotaje.

4.5.3.2. En navegaciones para trasladarse de una a otra de las dos primeras zonas mencionadas en el apartado 4.5.3.1.:

Un Patrón mayor de Cabotaje.

4.5.3.3. En navegaciones para trasladarse de una cualquiera de las dos primeras a la tercera zona de las mencionadas en el apartado 4.5.3.1. y en las que se realicen por fuera de las dos zonas del Patrón mayor de Cabotaje:

Un Piloto de la Marina Mercante de primera clase.

Art. 5.º El personal titulado de puente con que han de contar, como mínimo, los buques de pesca será el siguiente:

5.1. Buques mayores de 1.200 toneladas R. B. C.:

Un Capitán de Pesca.  
Dos Patrones de Pesca de Altura.

5.2. Buques de más de 500 a 1.200 toneladas R. B. C.:

Un Capitán de Pesca.  
Un Patrón de Pesca de Altura.

5.3. Buques de más de 150 a 500 toneladas R. B. C.:

5.3.1. Dedicado a la pesca costera o litoral o a la de altura:

Un Patrón de Pesca de Altura.  
Un Patrón de Pesca Litoral de primera clase.

5.3.2. Dedicado a la pesca de gran altura:

Un Capitán de Pesca.  
Un Patrón de Pesca de Altura.

5.3.3. Dedicado a la pesca de gran altura en pareja:

En el primer barco:

Un Capitán de Pesca.

En el segundo barco:

Un Patrón de Pesca de Altura.

5.4. Buques de más de 50 a 150 toneladas R. B. C.:

5.4.1. Dedicado a la pesca costera o litoral dentro de las zonas fijadas en el punto 3 del artículo tercero del Decreto 629/1963:

Un Patrón de Pesca Litoral de primera clase.

5.4.2. Para trasladarse de una a otra de las zonas mencionadas en el apartado 5.4.1.:

Un Patrón de Pesca de Altura.

5.5. Buques de más de 10 a 50 toneladas R. B. C., dedicados a la pesca costera o litoral dentro de las regiones pesqueras fijadas en el punto 4 del artículo tercero del Decreto 629/1963:

Un Patrón de Pesca Litoral de segunda clase.

5.6. En los buques mayores de 900 toneladas R. B. C. los puestos de Capitanes de Pesca podrán ser desempeñados por Capitanes de la Marina Mercante con título de Piloto anterior al Decreto 629/1963. Asimismo en los buques de más de 150 a 900 toneladas R. B. C. los Capitanes de Pesca y Patronos de Pesca de Altura, por Pilotos de la Marina Mercante con título anterior al citado Decreto.

Art. 6.º El personal titulado de máquinas con que han de contar, como mínimo tanto los buques mercantes, como de pesca, en relación con su equipo propulsor, será el siguiente:

6.1. Potencia de máquinas mayor de 3.000 C. V. E.:

Un Maquinista naval Jefe.

Un Oficial de máquinas de la Marina Mercante de primera clase.

Dos Oficiales de máquinas de la Marina Mercante de segunda clase.

6.2. Potencia de máquinas de más de 1.250 a 3.000 C. V. E.:

Un Oficial de máquinas de la Marina Mercante de primera clase.

Dos Oficiales de máquinas de la Marina Mercante de segunda clase.

6.3. Potencia de máquinas de más de 900 a 1.250 C. V. E.:

Un Mecánico naval Mayor.

Un Mecánico naval de primera clase.

Un Mecánico naval de segunda clase.

6.4. Potencia de máquinas de más de 500 a 900 C. V. E.:

Un Mecánico naval mayor.

Un Mecánico naval de primera clase.

6.5. Potencia de máquinas de más de 150 a 500 C. V. E.:

Un Mecánico naval de primera clase.

Un Mecánico naval de segunda clase.

6.6. Potencia de máquinas de más de 50 a 150 C. V. E.:

Un Mecánico naval de segunda clase.

6.7. En los buques de más de 900 T. R. B. C. el puesto de Jefe de máquinas habrá de ser desempeñado por un Oficial de máquinas de la Marina Mercante de primera clase, aun cuando por su potencia corresponda a Mecánico naval.

6.8. En los buques de más de 2.000 T. R. B. C. el puesto de Jefe de máquinas habrá de ser desempeñado por Maquinista naval Jefe, aun cuando por su potencia corresponda a otra categoría.

6.9. Para buques de dos ejes se elevará en todo caso la

correspondiente propuesta de este personal a la Dirección General de Navegación.

Art. 7.º El personal del Servicio radioeléctrico mínimo con que deben contar los buques de pasaje, carga o pesca, según las categorías de las estaciones que les correspondan y el número de horas de servicio, de acuerdo con lo dispuesto en el cuadro resumen de personal del Reglamento para aplicación del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1948, en los buques mercantes nacionales, regla 9 del capítulo IV-C, será el siguiente:

7.1. Buques de pasaje con estaciones radiotelegráficas de primera categoría, con veinticuatro horas de servicio, cualquiera que sea el número de pasajeros:

Un Oficial Radiotelegrafista de la Marina Mercante de primera clase.

Dos Oficiales Radiotelegrafistas de la Marina Mercante de segunda clase.

7.2. Buques de pasaje con estaciones radiotelegráficas de segunda categoría:

7.2.1. Con dieciséis horas de servicio, cualquiera que sea el número de pasajeros:

Un Oficial Radiotelegrafista de la Marina Mercante de primera clase.

Un Oficial Radiotelegrafista de la Marina Mercante de segunda clase.

7.2.2. Con ocho horas de servicio y autorizados a transportar un número de pasajeros superior a 250:

Un Oficial Radiotelegrafista de la Marina Mercante de primera clase.

7.2.3. Con ocho horas de servicio y autorizados a transportar un número de pasajeros igual o inferior a 250:

Un Oficial Radiotelegrafista de la Marina Mercante de segunda clase.

7.3. Buques de carga o de pesca:

7.3.1. Con estaciones radiotelegráficas de segunda categoría y ocho horas de servicio:

Un Oficial Radiotelegrafista de la Marina Mercante de segunda clase.

7.3.2. Con estaciones radiotelefónicas:

Un Radiotelefonista naval o Radiotelefonista naval restringido, que podrá ser cualquier tripulante.

7.4. Los buques de cualquier tonelaje que sin estar obligados a ello monten estaciones radioeléctricas, deberán disponer del personal titulado para su manejo en la cuantía que se señala en los apartados anteriores, y de no disponer de dicho personal las estaciones serán precintadas antes de la salida del buque a la mar.

Art. 8.º El personal de Maestranza y Subalterno de cubierta mínimo con que han de contar los buques de carga y de pesca será el siguiente:

Personal	Toneladas R. B. C.							
	Hasta 150	De más de 150 a 500	De más de 500 a 900	De más de 900 a 1.750	De más de 1.750 a 5.000	De más de 5.000 a 10.000	De más de 10.000 a 20.000	Mayores de 20.000
Contramaestre .....	—	1	1	1	1	1	1	1
Marinero .....	2	2	3	3	3	4	4	4
Mozo .....	—	1*	1	2	3	3	4	5

\* En los buques de pesca en que no exista la categoría profesional de Mozo éstos serán reemplazados por Marineros.

Art. 9.º El personal de Maestranza y Subalterno de máquinas mínimo con que han de contar los buques mercantes y de pesca será el siguiente:

9.1. En la cámara de máquinas:



Personal	C. V. E.			
	De más de 500 a 1.250	De más de 1.250 a 3.000	De más de 3.000 a 4.500	Mayores de 4.500
Calderero .....	—	1	1	1
Engrasador .....	1	2	2	3
Limpiador .....	—	—	1	1

9.1.1. Para buques con dos ejes se elevará en todo caso la correspondiente propuesta de este personal a la Dirección General de Navegación.

9.2. En la cámara de calderas:

9.2.1. Cuando quemen combustible líquido, se determinará el número de Fogoneros teniendo en cuenta que cada Fogonero podrá atender en las ocho horas de trabajo:

Nueve hornos en un solo frente.

Seis hornos en dos frentes.

9.2.1.1. Para buques con las calderas en la cámara de máquinas se reducirá el número de Fogoneros en uno para potencias inferiores a 3.000 C. V. E. y en dos para las superiores a dicho número.

9.2.2. Cuando quemen combustible sólido se determinará el número de Fogoneros y Paleros teniendo en cuenta el consumo por singladura, en la forma siguiente:

Consumo menor de 9 toneladas:

Tres Fogoneros

Consumo entre 9 y 12 toneladas:

Tres Fogoneros

Un Palero.

Consumo entre 12 y 15 toneladas:

Tres Fogoneros

Dos Paleros.

Consumo entre 15 y 18 toneladas:

Seis Fogoneros

Consumo entre 18 y 21 toneladas:

Seis Fogoneros.

Un Palero.

Consumo entre 21 y 24 toneladas:

Seis Fogoneros.

Dos Paleros.

Consumo entre 24 y 27 toneladas:

Seis Fogoneros.

Tres Paleros.

9.3. En los buques tanques, además del personal de máquinas indicado en el apartado 9.1., deberán contar con el siguiente:

9.3.1. Buques tanques hasta 8.000 toneladas R. B. C.

Un Bombero.

9.3.2. Buques tanques de más de 8.000 a 25.000 toneladas R. B. C.:

Un Bombero.

Un Ayudante Bombero.

9.3.3. Buques tanques de más de 25.000 toneladas R. B. C.:

Un Bombero.

Dos Ayudantes Bombero.

Art. 10. En los casos en que el buque realice regularmente travesías de duración inferiores a dieciséis horas podrá el armador solicitar reducción del número de tripulantes a la Dirección General de Navegación, que resolverá de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.º

Art. 11. El personal de Maestranza y Subalterno de cubierta y el de fonda en los buques de pasaje, según sus características y servicios, serán aprobados en cada caso particular por la Dirección General de Navegación a propuesta de las empresas armadoras, teniendo en cuenta que el número total de sus tripulantes habrá de ser tal que permita contar con el de «marineros patentados» mínimo preciso para cubrir los medios de salvamento a que le obliga el certificado de seguridad del buque, y que de acuerdo con lo dispuesto en el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1948, se distribuirán en la forma siguiente:

Botes para menos de cuarenta y una personas:

Dos marineros patentados.

Botes para cuarenta y una a sesenta y una personas:

Tres Marineros patentados.

Botes para sesenta y dos a ochenta y cinco personas:

Cuatro Marineros patentados.

Botes para más de ochenta y cinco personas:

Cinco Marineros patentados.

Balsas o aparatos flotantes para quince personas o más:

Un Marino patentado.

Art. 12. Para determinar el número y categorías profesionales de los tripulantes indicados en los artículos anteriores se tomará como base el «Registro Bajo Cubierta» (R. B. C.) y la «Potencia Efectiva» (C. V. E.) definidos en el artículo 5.º del Decreto 629/1963 («Boletín Oficial del Estado» número 83), rectificado en el «Boletín Oficial del Estado» número 90, sobre títulos profesionales de la Marina Mercante y de Pesca, y el artículo 3.º del Decreto 3854/1963 («Boletín Oficial del Estado» número 10/1964), sobre la categoría de las Estaciones Radiotelegráficas.

Art. 13. El personal sanitario que han de llevar los buques mercantes se determinará de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento orgánico de Sanidad Exterior de 7 de septiembre de 1934 («Gaceta» de 18 de octubre del mismo año). Para los buques que transporten emigrantes se observará asimismo lo dispuesto en la legislación especial de emigración.

Art. 14. El personal de fonda mínimo con que han de contar los buques mercantes será el siguiente:

Personal	Para un número de tripulantes (sin contar los de fonda)				
	Hasta 10	De 11 a 15	De 16 a 20	De 21 a 35	Mayor de 35
Cocinero .....	1 (*)	1	1	1	1
Marmitón .....	—	—	1	1	2
Camarero .....	—	1	1	2	2

(\*) Podrá ser un marinero de la tripulación.

Art. 15. Cuando la falta de personal titulado lo haga necesario las autoridades locales de Marina podrán cubrir las plazas con personal que posea el título inmediatamente inferior al señalado en el rol, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 9.º del Decreto 629/1963.

Los enrolamientos que se realicen de acuerdo con lo dispuesto en el párrafo anterior darán derecho a ocupar la plaza por un periodo mínimo de seis meses, terminado el cual deberá ser reemplazado tan pronto como sea posible por personal que tenga la categoría profesional exigida.

Art. 16. En el caso de que las embarcaciones dedicadas a tráfico interior de puerto sean despachadas para otra clase de navegaciones deberán ajustarse sus tripulantes a lo establecido en esta Orden.

Art. 17. La entrada en vigor de la presente disposición no puede ser alegada para producir disminución del número de tripulantes actuales en los buques en servicio hasta tanto no se produzcan las vacantes naturales en los individuos que se encuentran embarcados o que pasen a otros buques de la misma Compañía en plaza de igual o superior categoría laboral.

En aquellos buques en servicio cuya plantilla actual dentro de la categoría profesional resulte menor que la que por la presente Orden ministerial se fija, no sufrirá aumento alguno.

#### ARTICULO FINAL DEROGATORIO

Quedan derogadas las Ordenes ministeriales de 7 de febrero de 1947 («Boletín Oficial del Estado» número 46) y de 20 de junio de 1948 («Boletín Oficial del Estado» número 171).

#### ARTICULO TRANSITORIO

Quedan facultadas las autoridades locales de Marina durante un periodo de un año a partir de la publicación de la presente Orden ministerial para cubrir destinos subalternos de personal titulado de Puente o Máquinas con personal de categorías profesionales inmediatamente inferiores a las que autoriza el artículo 15.

Dichos enrolamientos deberán ser comunicados en todo caso a la Dirección General de Navegación.

Lo que comunico a V. I. para su conocimiento y efectos.  
Dios guarde a V. I. muchos años.  
Madrid, 14 de julio de 1964.

ULLASTRES

Ilmos. Sres. Subsecretario de la Marina Mercante y Directores generales de Navegación y de la Pesca Marítima.

## II. Autoridades y Personal

### NOMBRAMIENTOS, SITUACIONES E INCIDENCIAS

#### PRESIDENCIA DEL GOBIERNO

*ORDEN de 8 de julio de 1964 por la que se nombra aspirantes a ingreso en la Agrupación Temporal Militar para Servicios Civiles y clasifica para ocupar destinos de tercera clase a los Suboficiales del Cuerpo de la Policía Armada que se mencionan.*

Excmo. Sr.: De conformidad con lo preceptuado en las Leyes de 15 de julio de 1952 («Boletín Oficial del Estado» número 199) y 195/1963, de 28 de diciembre («Boletín Oficial del Estado» número 313), y apartado c) de la Orden de 7 de enero de 1964 («Boletín Oficial del Estado» número 8), esta Presidencia del Gobierno ha dispuesto se nombren aspirantes a ingreso en la Agrupación Temporal Militar para Servicios Civiles y clasifiquen para ocupar destinos de tercera clase, que especifica el párrafo segundo del artículo noveno de la Ley de 15 de julio de 1952 («Boletín Oficial del Estado» número 199), a los Suboficiales del Cuerpo de la Policía Armada que a continuación se relacionan.

Entre tanto no ingresen en la Agrupación por haber obtenido un destino civil libremente solicitado o por pasar a petición propia a la situación de «Reemplazo Voluntario», que especifica el apartado c) del artículo 17 de la ya citada Ley de 15 de julio, continuarán perteneciendo a sus respectivas Escalas profesionales y prestando el correspondiente servicio en el Cuerpo de la Policía Armada.

*Sargento primero*

Don Lucio Lafuente Gaspar. De la 4.ª Circunscripción.

*Sargento*

Don Domingo Ordax Fuertes. De la 43 Bandera.

Lo digo a V. E. para su conocimiento y efectos.  
Dios guarde a V. E. muchos años.

Madrid, 8 de julio de 1964.—P. D., Serafín Sánchez Fuensanta.

Excmo. Sr. Ministro de la Gobernación.

*ORDEN de 8 de julio de 1964 por la que se nombra aspirantes a ingreso en la Agrupación Temporal Militar para Servicios Civiles y clasifica en primera categoría al Oficial y Suboficial del Cuerpo de la Policía Armada que se mencionan.*

Excmo. Sr.: De conformidad con lo preceptuado en las Leyes de 15 de julio de 1952 («Boletín Oficial del Estado» número 199) y 195/1963, de 28 de diciembre («Boletín Oficial del Estado» número 313), y Orden de 7 de enero del corriente año («Boletín

Oficial del Estado» número 8), esta Presidencia del Gobierno ha dispuesto se nombren aspirantes a ingreso en la Agrupación Temporal Militar para Servicios Civiles al Oficial y Suboficial del Cuerpo de la Policía Armada que a continuación se relacionan, los cuales quedan clasificados para ocupar destinos de primera clase, según se especifica en el artículo sexto de la primera Ley citada.

Entre tanto no ingresen en la Agrupación por haber obtenido un destino civil libremente solicitado o por pasar a petición propia a la situación de «Reemplazo Voluntario», que especifica el apartado c) del artículo 17 de la ya citada Ley de 15 de julio, continuarán perteneciendo a sus respectivas Escalas profesionales y prestando el correspondiente servicio en el Cuerpo de la Policía Armada.

*Capitán*

Don Raimundo Bescós Piedrafita. De la 43 Bandera.

*Sargento*

Don Jacobo Sánchez García. De la 33 Bandera.

Lo digo a V. E. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. E. muchos años.

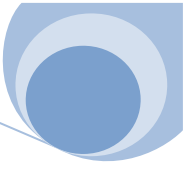
Madrid, 8 de julio de 1964.—P. D., Serafín Sánchez Fuensanta.

Excmo. Sr. Ministro de la Gobernación.

*ORDEN de 8 de julio de 1964 por la que se nombra aspirantes a ingreso en la Agrupación Temporal Militar para Servicios Civiles y clasifica en primera categoría a los Oficiales del Cuerpo de la Guardia Civil que se mencionan.*

Excmos. Sres.: De conformidad con lo preceptuado en las Leyes de 15 de julio de 1952 («Boletín Oficial del Estado» número 199) y 195/1963, de 28 de diciembre («Boletín Oficial del Estado» número 313), y Orden de 7 de enero del corriente año («Boletín Oficial del Estado» número 8), esta Presidencia del Gobierno ha dispuesto se nombren aspirantes a ingreso en la Agrupación Temporal Militar para Servicios Civiles a los Oficiales del Cuerpo de la Guardia Civil que a continuación se relacionan, los cuales quedan clasificados para ocupar destinos de primera clase, según se especifica en el artículo sexto de la primera Ley citada.

Entre tanto no ingresen en la Agrupación por haber obtenido un destino civil libremente solicitado o por pasar a petición propia a la situación de «Reemplazo Voluntario», que especifica el apartado c) del artículo 17 de la ya citada Ley de 15 de julio, continuarán perteneciendo a sus respectivas Escalas profesionales y prestando el correspondiente servicio en el Cuerpo de la Guardia Civil.



## **ANEXO B: CONVENIO INTERNACIONAL SOBRE EL ARQUEO DE BUQUES**



## DECRETAN:

**Reglamento de Arqueo de los Buques**

## CAPITULO I

**Disposiciones Generales****Artículo 1°—Ambito de aplicación**

- a) El presente Reglamento se aplica a todos los buques y artefactos flotantes de bandera nacional y a aquellos de bandera extranjera que lo requieran voluntariamente o por petición expresa de una Autoridad Competente.

**Artículo 2°—Determinación del arqueo**

- a) Los armadores o propietarios de las embarcaciones que deban ser arqueadas prestarán toda la cooperación necesaria a los arqueadores, facilitándoles medios de acceso a las mismas, construyendo los andamios internos, escalas y demás elementos necesarios para una medición segura. Además deberán presentar las embarcaciones en condiciones de higiene, limpieza, libres de carga, escombros y todo obstáculo que pueda dificultar la medición. En caso contrario se dejará constancia del hecho y no se practicará el arqueo solicitado.
- b) Los arqueos serán efectuados por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes por medio de la Dirección General de Seguridad Marítima y Portuaria. También podrán ser reconocidos los arqueos efectuados por casas clasificadoras de buques previamente reconocidas por el Gobierno de Costa Rica, siempre y cuando cumplan con las disposiciones contempladas en el Decreto Ejecutivo N° 18275-MOPT, "Reglamento para Autorizar y Aceptar Inspecciones Realizadas por Sociedades de Clasificación de Buques".
- c) Los certificados de arqueo solo podrán ser emitidos por la Dirección General de Seguridad Marítima y Portuaria, en el caso de embarcaciones mayores estos serán firmados por el Director General de Seguridad Marítima y Portuaria o por la persona que este delegue y tratándose de embarcaciones menores por el Capitán de Puerto de la Capitanía de la jurisdicción.

**Artículo 3: Definiciones**

- a) **Espacio cerrado:** Todos los espacios limitados por el casco, mamparos y cubiertas y todos aquellos que estén dotados de serretas u otros medios para estibar la carga o provisiones, o con aberturas dotadas de cierres estancos o que tales aberturas pudieran cerrarse.
- b) **Arqueo bruto:** Es la expresión del tamaño total de un buque, determinada de acuerdo con las disposiciones de este Reglamento.
- c) **Tonelaje de registro bruto:** Es la expresión del tamaño total del buque determinado de acuerdo con las disposiciones de este Reglamento, dado en toneladas Moorson.
- d) **Arqueo neto:** Es la expresión de la capacidad utilizable de un buque, determinada de acuerdo con las disposiciones de este Reglamento.
- e) **Tonelaje de registro neto:** Es la expresión de la capacidad utilizable de un buque, determinado de acuerdo con las disposiciones de este Reglamento, dado en toneladas Moorson.
- f) **Espacios excluidos:** Se excluirán del volumen de espacios cerrados los espacios que a continuación se definen:
- f.1 Los espacios adyacentes a una abertura extrema de un ancho igual o mayor al 90% de la manga de la cubierta de ese punto. Comprenderá el área situada entre la abertura y una transversal situada a una distancia igual a la mitad de la manga, mientras la anchura no se torne menor al 90% de la manga. Si existiera un espacio completamente abierto por los costados, los espacios adyacentes podrán excluirse siempre y cuando se cumpla con lo especificado en el comienzo de este párrafo y las aberturas laterales sean mayor o igual a la mitad de la manga. Cuando exista una escotilla o casetón debe mediar una separación con el espacio considerado no menor a la mitad de la manga.
  - f.2 Todo espacio abierto a la mar o intemperie aunque cuente con techo o cubierta y barandillas o amuradas siempre que exista una separación entre techo y barandilla de 0,75 metros o un tercio de la altura del espacio (el mayor).
  - f.3 Todo espacio ubicado frente a aberturas laterales de altura no inferior a 0,75 metros o un tercio de la altura de la construcción (el mayor), quedando limitado el volumen entre la abertura y la mitad de la manga de la zona.
  - f.4 Todo espacio expuesto a la intemperie y cuya abertura se extienda de cubierta a cubierta sin ningún dispositivo de cierre, siempre que su ancho interior no sea mayor que el de la entrada y la profundidad no mayor al doble.
- g) **Buque Menor:** Para la aplicación del presente Reglamento se entenderá por buque menor aquella embarcación que obtenga un arqueo menor a 50 TRB usando el procedimiento descrito en artículo 6.
- h) **Esloría:** Será el, 96% de la distancia medida en una flotación situada al 85% del puntal de trazado medido desde el canto superior de la quilla.
- i) **Manga:** Será la manga máxima del buque, medida en el centro del mismo.

N° 28528-MOPT

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA  
Y EL MINISTRO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES

En uso de las facultades y atribuciones que le confieren el artículo 140, incisos 3) y 18) de la Constitución Política y la ley N° 4786 de 5 de julio de 1971, Ley de Creación del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

*Considerando:*

1°—Que la Ley N° 4786 de 5 de julio de 1971, confiere al Ministerio de Obras Públicas y Transportes competencia en lo relativo a la regulación y control del transporte marítimo internacional, de cabotaje y por vías de navegación interior y lo constituye en autoridad oficial única en todo lo relativo a los objetivos nacionales, haciendo extensiva esa autoridad a las actividades de cualquier orden que tengan relación o sean consecuencia de ella.

2°—Que mediante el Decreto Ejecutivo N° 27917-MOPT, del 10 de junio de 1999, se establece que la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria, supervisará que las naves y buques nacionales operen en condiciones de seguridad y respetando la normativa vigente.

3°—Que los elementos que se obtienen del arqueo de una embarcación, Tonelaje de Registro Bruto, Tonelaje de Registro Neto para el caso de embarcaciones menores, Arqueo Bruto y Arqueo Neto en las embarcaciones mayores, son empleados para el cálculo del pago de derechos por concepto de emisión de matrícula, emisión de certificados de navegabilidad, pago de patentes, licencias de pesca entre otros.

4°—Que es deseable la promulgación de un reglamento que venga a integrar en un solo instrumento, los procedimientos y disposiciones que se vienen aplicando sobre los arqueos y con ello brindar a los administrados el detalle de la mecánica utilizada en los procesos de arqueo, así como las reglas empleadas para este propósito. **Por tanto,**



- j) **Puntal de trazado:** Distancia vertical medida al centro desde el canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado. En los buques de madera ó mixtos, esta distancia se medirá desde el alefritz.
- k) **Calado de Trazado:** Será el calado máximo permitido para los buques nacionales con calado asignado, ó el 75% del puntal de trazado para los demás. Para los buques no nacionales el calado de trazado se tomará como la línea de carga de verano ó la línea de compartimiento más elevada asignada, según corresponda a su clase.
- i) **Eslora Total:** Es la distancia medida desde el extremo a popa de la roda hasta la cara interior del espejo.

Artículo 4°—**Procedimiento Administrativo para solicitar inspecciones de arqueo.**

a. **Embarcaciones a ser incorporadas a la matrícula nacional y embarcaciones de pesca de bandera extranjera.**

- a.1 El armador o su representante legal deberán solicitar por escrito a la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria la realización del arqueo, para el caso de embarcaciones nacionales a ser incorporadas a la matrícula nacional, este se efectuará junto con la inspección técnica para trámites ante el Registro Nacional de Buques.
- a.2 La Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria en un plazo de dos días de recibida y estudiada la solicitud se pronunciará por escrito sobre lo planteado.
- a.3 Una vez efectuado el arqueo por parte de los funcionarios de la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria, ésta se deberá pronunciar en un plazo de cinco días hábiles posteriores de realizado ésta, procediendo en su caso a extender el Certificado ó Resolución correspondiente al Armador o su Representante Legal debidamente identificado. En el caso de embarcaciones a ser incorporadas a la matrícula nacional el certificado de arqueo se entregará junto con el certificado de navegabilidad una vez se presente por parte del armador el comprobante de registro de la embarcación.

b. **Inspecciones de arqueo para ser efectuadas por sociedades de clasificación de buques.**

- b.1 De conformidad con el Decreto Ejecutivo N° 18275-MOPT previo a la realización de un arqueo, las Compañías Armadoras o sus Representantes Autorizados deberán solicitar por escrito autorización a la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria, para que la Casa Clasificadora de Buques elegida por el armador realice la inspección y esta en un plazo de dos días de recibida y estudiada se pronuncie sobre lo solicitado.
- b.2 Tan pronto como sea posible después de concluido el arqueo, el representante de la Sociedad Clasificadora deberá enviar la información junto con las memorias de cálculo y otros documentos pertinentes a la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria.
- b.3 Una vez recibida la documentación requerida y conforme a derecho, la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria procederá a efectuar el estudio técnico correspondiente y deberá resolver con una motivación sucinta en un plazo de siete días hábiles; y la vez procederá en su caso a extender el Certificado ó Resolución correspondiente al armador o su Representante debidamente identificado.

c. **Apelaciones**

- c.1 Contra los actos de la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria, producto del arqueo, cabrá el Recurso de Revocatoria ante la misma Dirección y el de apelación para ante el señor Ministro de Obras Públicas y Transportes. Los recursos deben plantearse dentro de los tres días posteriores a la notificación a los interesados y los mismos deberán ser presentados por escrito, cumpliendo los requerimientos de la Ley General de la Administración Pública y especificándose claramente los aspectos en que no se comparte la decisión de la Dirección General de Seguridad Marítima y Portuaria.
- c.2 La Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria, dentro del plazo establecido por la Ley se pronunciará sobre la revocatoria y apelación subsidiaria presentadas y en caso de admitirse la apelación elevará el Recurso ante el Despacho del Ministro de Obras Públicas y Transportes, quien lo resolverá dentro de los treinta días siguientes a la fecha en que quede terminado el expediente respectivo por haberse recibido la s pruebas ó los informes que se soliciten para mejor proveer. Si no hubieren ordenado tales elementos probatorios, el término se contará a partir el día en que el expediente este listo para dictar Resolución.
- c.3 La Resolución del Ministro de Obras Públicas y Transportes, agotará la vía administrativa y surtirá efecto desde el día de publicación en el Diario Oficial "La Gaceta".

Artículo 5°—**Generalidades**

- a) Todos los cálculos se redondearán hasta dos decimales y las medidas lineales al centímetro y para los coeficientes se emplearán cuatro decimales.
- b) Todos los datos necesarios para calcular el arqueo se obtendrán por medición directa a bordo, utilizando el procedimiento Simpson en caso de buques mayores.

- c) El arqueo será realizado por los inspectores de la Dirección de Seguridad Marítima y Portuaria ó por Sociedades de Clasificación debidamente autorizadas por la misma.
- d) Cuando no se especifique lo contrario las medidas de eslora, manga y puntal serán medias.

CAPITULO 2

**Del procedimiento de arqueo**

Artículo 6°—**Procedimiento de arqueo para buques menores**

- a) Para el caso de Arqueo de embarcaciones menores de 50 TRB, se tendrá como unidad de medida la tonelada de arqueo o tonelada Moorson que es equivalente al volumen de 2,832 metros cúbicos y equivalente a 100 pies cúbicos ingleses.
- b) Para determinar el tonelaje bajo cubierta de arqueo, se usará la fórmula siguiente:

$$TRB = E * M * P / 5 \text{ donde}$$

TRB = Tonelaje de Registro Bruto

E = Eslora total

M = Manga máxima

P = Puntal de trazado

- c) Si sobre cubierta existieran espacios cerrados se usará en estos la fórmula  $E' * M' * P' / 2,83$  y el resultado se le sumará al cálculo anterior.

E' = Eslora de cada espacio

M' = Manga de cada espacio

P' = Puntal de cada espacio

- d) Para determinar el Tonelaje de Registro Neto se usarán las fórmulas siguientes:

d.1) Para buques de carga y pesqueros.

$$TRN = Vc / 2,83 \text{ donde}$$

Vc = Volumen de los espacios de carga o nevera

TRN = Tonelaje de registro neto

d.2) Para los demás buques

$$TRN = 0,48 * TRB$$

Artículo 7.—**Procedimiento para arqueo de buques mayores**

- a) Para el arqueo de embarcaciones mayores de 50 TRB, no se emplearán las toneladas de arqueo, en su lugar se utilizarán las fórmulas de cálculo del Convenio Internacional de Arqueo, de la Organización Marítima Internacional, con las que el resultado que se obtiene carece de unidades.

- b) Para el cálculo del arqueo bruto, se empleará la siguiente fórmula:

$$AB = Ku * Vo \text{ donde}$$

AB = Arqueo Bruto

Vo = Volumen de todos los espacios cerrados expresado en m³

Ku = Coeficiente igual a  $0,2 + 0,02 \log_{10} Vo$

- c) Para el cálculo de arqueo neto, se usará la fórmula siguiente:

$$AN = Ku * Vc * (4d / 3D)^2 + Kt (Nu)$$

El término  $(4d / 3D)^2$  menor ó igual a 1 y

$$Kd * Vo * (4d / 3D) > 0,25 \text{ TRB}$$

AN = Arqueo Neto no menor a 0,3 TRB

$$Kt = 1,25 + (TRB + 10.000) / 10.000$$

Vc = Volumen de los espacios de carga o nevera

Nu = Número de personas a bordo

d = Calado de trazado al centro

D = Puntal de trazado al centro

En caso de no poder determinar con certeza el calado y el puntal de trazado, se tomará el AN como el volumen en metros cúbicos de los espacios de carga o nevera dividido por 2,83, siempre que sea mayor a  $0,3 * AB$ , de lo contrario se tomará como  $0,3 * AB$ .

CAPITULO 3

**Certificación**

Artículo 8°—Todos los buques recibirán un Certificado de Arqueo en el cual constarán los datos de identificación y las características principales, así como, los espacios y características determinantes del arqueo.

Artículo 9°—Cualquier modificación que sufra el buque y que afecte los datos de arqueo, invalidará el Certificado de Arqueo, por lo que el armador deberá solicitar el rearqueo del mismo, luego del cual se le extenderá otro Certificado. Esta disposición no aplica, si el calado varía por efecto de un cambio de clase.

CAPITULO 4

**Disposiciones finales**

Artículo 10.—Este Decreto Ejecutivo deroga cualquier otra disposición o normativa de igual ó inferior rango en cuanto de le oponga.

Artículo 11.—Rige a partir de su publicación.



**Transitorio:** Aquellas embarcaciones que se encuentren inscritas ante el Registro Nacional de Buques se les efectuará el arqueo y emisión del respectivo certificado, junto con la inspección técnica para renovación del Certificado de Navegabilidad.

Dado en la Presidencia de la República.—San José, a los tres días del mes de marzo del año dos mil.

MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ ECHEVERRIA.—El Ministro de Obras Públicas y Transportes, Rodolfo Méndez Mata.—1 vez.—(Solicitud N° 34912).—C-52500.—(17872).

## DOCUMENTOS VARIOS

### AGRICULTURA Y GANADERIA

#### DIRECCION DE PROTECCION FITOSANITARIA

##### EDICTOS

##### PUBLICACION DE TERCERA VEZ

N° 63-2000.—El señor Luis Héctor Torres Redondo, cédula número 1-491-755, en calidad de gerente general de la compañía Duwest Costa Rica, S. A., cuyo domicilio fiscal se encuentra en la ciudad de San José, solicita la inscripción del coadyuvante de nombre comercial Hook, compuesto a base de Resinas de Polioxietileno Alquilo-Aminas Reactivas-Solventes de Petróleo Aromático, conforme a lo que establece la Ley de Protección Fitosanitaria N° 7664. Se solicita a terceros con derecho a oponerse, para que lo hagan ante la Dirección de Servicios de Protección Fitosanitaria, dentro del término de diez días hábiles, contados a partir del día de la publicación de este edicto, en el Diario Oficial "La Gaceta".—Heredia, 14 de marzo del 2000.—Ing. German Carranza Castillo, Jefe Departamento de Insumos Agrícolas.—(17339).

##### PUBLICACION DE SEGUNDA VEZ

N° 45.—El señor Oscar Garófalo Arrieta, cédula de identidad N° 3-144-187, en calidad de representante legal de la compañía La Casa del Agricultor, S. A., cuyo domicilio fiscal se encuentra en la ciudad de Cartago, solicita la inscripción del insecticida materia prima de nombre comercial Casagri Metil Paration 75-85 TC, compuesto a base de metil paration, del insecticida materia prima de nombre comercial Casagri Forato 85-95 TC, compuesto a base de forato, del insecticida-nematicida materia prima de nombre comercial Casagri Terbufos 85 TC, compuesto a base de terbufos, conforme con lo que establece la Ley de Protección Fitosanitaria N° 7664. Se solicita a terceros con derecho a oponerse, para que lo hagan ante la Dirección de Servicios de Protección Fitosanitaria, dentro del término de diez días hábiles, contados a partir del día de la publicación de este edicto.—Heredia, 24 de febrero del 2000.—Ing. German Carranza Castillo, Jefe Departamento de Insumos Agrícolas.—N° 82670.—(17306).



## **ANEXO C: DEPURADORAS**



## FOCUS for gas turbine protection

### Fuel oil cleaning unit solutions



FOCUS 18 - 200 (duplex unit)

Alfa Laval Fuel Oil Cleaning Unit Solutions (FOCUS) are automated modular systems for the purification of liquid fuel oils. The fuel cleaning process is designed to overcome the harmful effects of fuel oil contaminants, primarily the trace metals sodium and potassium, as well as water and solid particles.

The fuel cleaning modular solution extends to suit all capacity requirements.

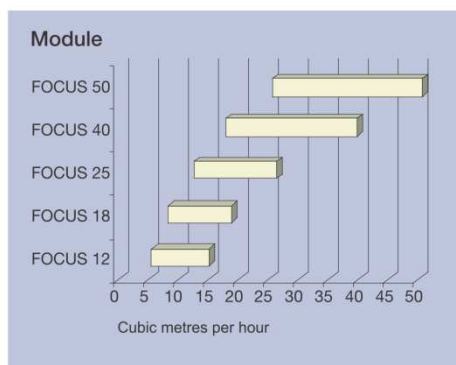
#### Application

High temperature corrosion, ash deposition and the clogging and erosion of fuel systems are costly operating problems attributed to fuel contaminants.

Liquid fuels vary substantially in physical properties and level of contaminants, but with correct treatment a wide range of liquid fuels can be used effectively in any modern gas turbine power plant.

#### Features and Benefits

- Enable full compliance with current standards of fuel quality at the turbine inlet
- Constant efficiency and highest separation efficiency of water and solids ensured
- Proven, reliable operation
- No pre-filtration necessary
- Environmentally friendly sludge disposal (no filter cartridges)
- Automatic, unattended operation
- Comparatively low operating cost
- Simple, compact and robust design



### Process description

The FOCUS module will pump untreated fuel oil with centrifugal pumps via suction strainers to the separators. The centrifugal separator is the heart of the cleaning unit and provides a reliable and consistent method for the removal of solids and water simultaneously from fuel oils.



Fig. 2 GT Separator – the heart of the cleaning unit

Untreated fuel oil is fed continuously through the separator, where any water and solids are separated from the fuel oil by the action of centrifugal force.

Separation takes place in a rotating bowl. When the water seal has been established, the feed is introduced to the bowl inlet. The inlet is equipped with circular discs, the Optiflow inlet, which accelerates the feed before it enters the bowl disc stack.

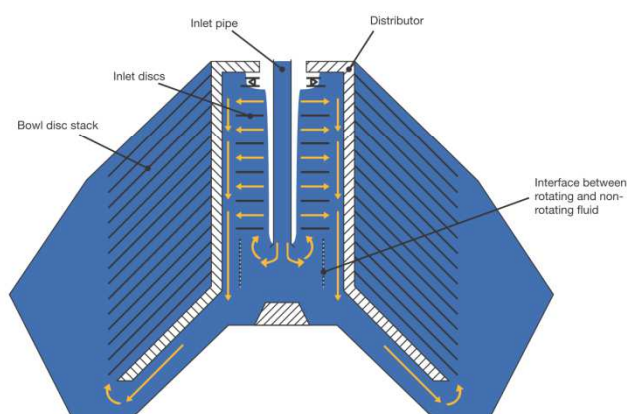


Fig. 3 Optiflow Disc Inlet Smooth acceleration. This feature is included in the FOCUS 25, 40 and 50 units.

The oil is forced towards the centre of the bowl through the disc stack. A built-in paring disc pump discharges cleaned oil continuously.

Separated water rises along the outside of the disc stack and is continuously discharged by a paring disc in the water outlet. Separated sludge and solid particles accumulate at the periphery of the bowl and are discharged periodically before they build-up to a point where they would interfere with the separation process.

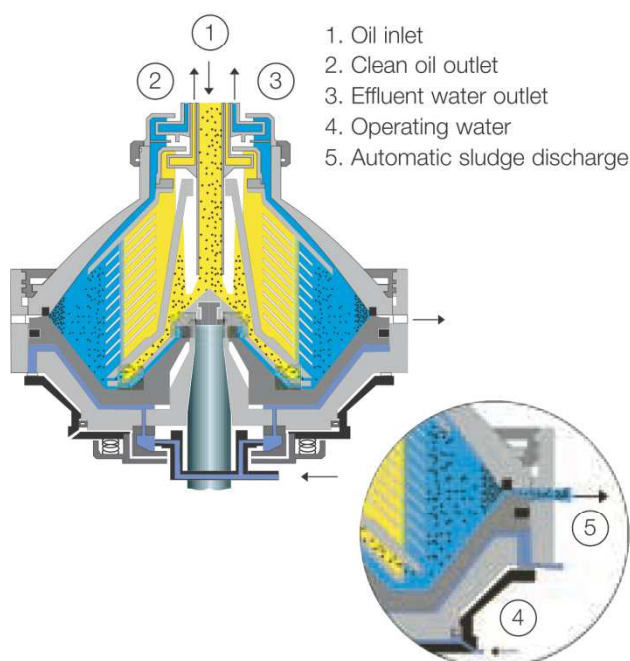


Fig. 4 Automatic discharging centrifuge bowl

The discharge cycle is initiated at the control panel by either pushbutton or automatically by the electronic program control system on completion of a set time cycle.

Water and sludge removed by the centrifugal separators collect in the centrifuge sludge tank and are pumped to the customer's waste treatment system by a pneumatic sludge pump controlled by level switches.

An oil and water monitor in the purified fuel oil discharge line checks the quality of the purified oil leaving the centrifugal separators. The system is specifically designed for accurate determination of the amount of water in the oil stream. During process alarm conditions, the divert valve switches the flow of the purified oil away from the day tank to the raw fuel storage tank.

The fuel oil cleaning unit is controlled, monitored, and supervised from a centralized control console. A state-of-the-art PLC-based control panel provide monitoring and control functions necessary for operation of the system.

### The fuel oil treatment plant

As an important component in your fuel oil treatment plant, the cleaning unit prepares the fuel prior to being forwarded to the gas turbine. By ensuring consistent compliance with

specific fuel oil purification requirements, your cleaning unit will contribute to a longer turbine service life and to a reduction in operating costs through less maintenance and downtime.

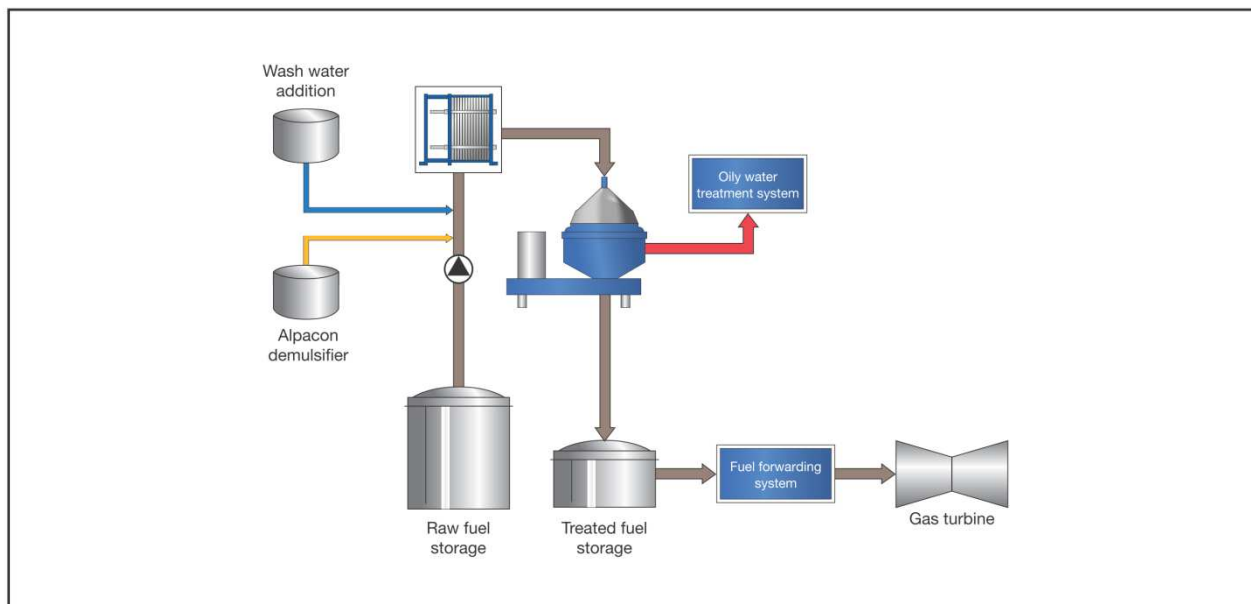


Fig. 5 The fuel oil treatment process

### Optional equipment

- Ex-proof execution of unit
- Junction box for remote mounting of control panel
- Remote system start / stop
- Remote mounting of feed pump
- Water washing system
- Demulsifier dosing system
- Oil feed preheater
- Water monitor in purified oil outlet
- Containerized solution

Above options may apply due to fuel oil specification or user preference.

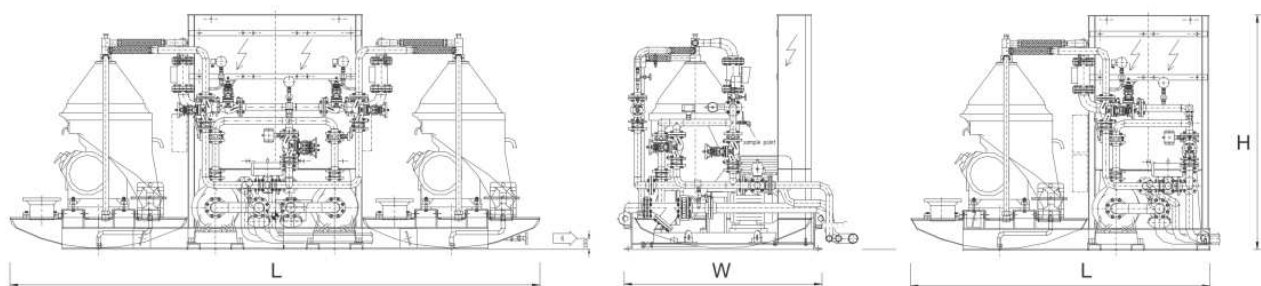
### Technical data and utilities consumption

Unit type	FOCUS 12	FOCUS 18	FOCUS 25	FOCUS 40	FOCUS 50
Main supply voltage	3-phase 400/ 440 / 480 V $\pm$ 10 %				
Control voltage	24 V DC / 230 V AC				
Frequency	50 or 60 Hz $\pm$ 5 %				
Water supply pressure	200 to 600 kPa				
Oil inlet pressure	Flooded suction				
Oil outlet pressure, max.	350 kPa	250 kPa	350 kPa	400 kPa	400 kPa
Instrument air pressure	500 kPa to 750 kPa				
Sludge outlet pressure, max.	300 kPa at 500 kPa air pressure				
Enclosure class, min.	IP 54				
Electric power consumption	14.0 KW	15.4 KW	19.5 KW	28.0 KW	28.5 KW
Water consumption (per discharge)	24 litres	40 litres	40 litres	40 litres	40 litres
Air consumption (per discharge)	Approximately 1 Nm <sup>3</sup> , max. flow 150 NI/min.				

The above data refers to base standard specifications and typical running conditions for the single unit option.



## Dimensions



### Shipping data (standard unit without optional equipment)

Separator type		FOCUS 12	FOCUS 18	FOCUS 25	FOCUS 40	FOCUS 50
Single unit (100)	Length (L) mm	2734				
	Width (W) mm	1907				
	Height (H) mm	2140				
	Dry weight kg	2629	3177	3352	3557	3660
	Operating weight kg	3049	3597	3772	3977	4180
Duplex unit (200) 100% duty and standby	Length (L) mm	4815				
	Width (W) mm	1907				
	Height (H) mm	2140				
	Dry weight kg	4547	5643	5993	6403	6610
	Operating weight kg	5387	6483	6833	7243	7610

PEE00016EN 0302

Alfa Laval reserves the right to change specifications without prior notification.

#### How to contact Alfa Laval

Contact details for all countries  
are continually updated on our website.  
Please visit [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com) to  
access the information direct.



## **ANEXO D: GENERADOR DE AGUA DULCE AQUAMAR**



---

# **Aquamar**

**GENERADORES DE AGUA DULCE**

## **MANUAL DE INSTRUCCIONES**

**AQ-16/20A**

CON VÁLVULAS DE RETENCIÓN

---

**Gefico Enterprise**

P.I. La Grela Bens - Gutenberg, 32  
15008 - La Coruña - España  
Teléfono: +34 981250111  
Telefax: +34 981258439  
E-mail: [gefico@gefico.com](mailto:gefico@gefico.com)

---



## INFORMACIÓN PRELIMINAR:

FECHA EDICIÓN MANUAL	:	01.02.05 (REV-2)
DESCRIPCIÓN EQUIPO	:	Generador de agua dulce de una etapa
NOMBRE EQUIPO	:	<b>Aquamar<sup>®</sup></b>
MODELO	:	AQ-16/20A
FABRICANTE	:	GEFICO ENTERPRISE, S.L.
DIRECCIÓN	:	Polígono Industrial de Bens C/Gutenberg, 32 15008-La Coruña ESPAÑA
TELÉFONO	:	+34 981 250 111
FAX	:	+34 981 258 439
E-MAIL	:	gefico@gefico.com

## GARANTÍA

GEFICO ENTERPRISE garantiza que los Generadores de agua dulce **AQUAMAR** cumplirán con las especificaciones aplicables cuando sean instalados, funcionen y reciban un mantenimiento de acuerdo con sus instrucciones

### Límites de la Garantía

GEFICO ENTERPRISE garantiza que el equipo de su fabricación está libre de defectos de mano de obra y materiales por un período de 12 meses después de la primera puesta en marcha o por un período máxima de 18 meses después del envío, cualquiera de estos dos casos que se dé primero. Esta garantía es de aplicación solamente para el COMPRADOR original y para un equipo nuevo y no usado, y no puede ser alterada o modificada por empleados de GEFICO ENTERPRISE o de sus representantes. La garantía en relación con reparaciones intentadas y/o llevadas a cabo por el representante autorizado de GEFICO ENTERPRISE será de aplicación y ampliada únicamente cuando exista el soporte por escrito de GEFICO ENTERPRISE.

Si el equipo vendido a continuación se utiliza con accesorios y/o modificaciones que no hayan sido recomendados o aprobados por escrito por GEFICO ENTERPRISE, dicho uso no será reconocido como normal y la presente garantía no será de aplicación.

La responsabilidad de GEFICO ENTERPRISE se limita a sustituir o reparar las piezas defectuosas devueltas a portes pagados por el COMPRADOR a un lugar especificado por GEFICO ENTERPRISE. Las piezas reparadas serán devueltas al COMPRADOR en régimen F.O.B. al punto de embarque. Cuando lo permitan las circunstancias, y en beneficio del COMPRADOR, GEFICO ENTERPRISE se acogerá a la garantía del vendedor de GEFICO ENTERPRISE para equipo o materiales suministrados, pero no fabricados por GEFICO ENTERPRISE.

Esta garantía no cubre, y GEFICO ENTERPRISE no será responsable por, los daños o las pérdidas indirectos y secundarios de cualquier tipo que resulten directa o indirectamente de cualquier defecto en cualquier equipo, material o instalación. GEFICO ENTERPRISE no será en ningún caso responsable por un importe que exceda el precio de compra del equipo y de los gastos de transporte sobre eso.

---

**LOS TÉRMINOS DE LA GARANTÍA AQUÍ DESCRITOS SON SOLO DE APLICACIÓN PARA ESTE EQUIPO, NO HACIÉNDOSE EXTENSIBLE PARA OTROS PRODUCTOS FABRICADOS O DISTRIBUIDOS POR GEFICO ENTERPRISE.**

---

*Toda la información contenida en la presente se basa en datos que se asumen como siendo exactos; sin embargo, puede haber errores y/o modificaciones en el diseño. Es responsabilidad del COMPRADOR determinar la conveniencia de la utilización por su parte de los productos descritos.*

*La información presentada en esta propuesta deja sin efecto a toda la información previamente publicada o presentada acerca de los Generadores de Agua Dulce **AQUAMAR.***

---

**CLIENTE:**

**PEDIDO N°:**

**BUQUE:**

**EQUIPO:                      AQUAMAR MODELO AQ-16/20A**

**NUMERO DE SERIE:**

**FECHA DE ENTREGA:**

---

## **HOJA DE DATOS**

**EJEMPLAR PARA REMITIR A**

**Gefico Enterprise.**  
 Polígono Industrial de Bens  
 C/Gutenberg, 32  
 15008-La Coruña  
 ESPAÑA

<b>1.- COMPRADOR:</b>	
<b>2.- ARMADOR:</b>	
2.1.- DIRECCIÓN:	
2.2.- TELEFONO:	2.3.- FAX:
2.4.- BUQUE:	2.5.- BANDERA:
<b>3.- CARACTERISTICAS DEL MOTOR AL QUE ESTA INTERCONEXIONADO EL GENERADOR</b>	
3.1.- MOTOR TIPO:	3.2.- POTENCIA:
<b>4.- EN CASO DE NO ESTAR CONEXIONADO A UN MOTOR, INDICAR FUENTE CALORIFICA.</b>	
4.1.- FUENTE CALORIFICA:	
<b>5.- DATOS PRIMERA PUESTA EN MARCHA</b>	<b>FECHA:</b>
5.1.- Tª ENTRADA A/D PROCEDENTE DEL MOTOR	
5.2.- Tª RETORNO A/D AL MOTOR	
5.3.- Tª AGUA DEL MAR	
5.4.- Tª ENTRADA A/S AL CONDENSADOR	
5.5.- Tª SALIDA A/S DEL CONDENSADOR	
5.6.- Tª VAPORIZACION	
5.7.- PRESION A/S ENTRADA CONDENSADOR	
5.8.- VACIO	
5.8.1.- SIN DAR CALEFACCION	
5.8.2.- CON EQUIPO EN PRODUCCION	
5.9.- PRODUCCION AGUA DESTILADA (L/MIN)	
5.10.- SALINIDAD (PPM)	
5.11.- CONSUMOS ELECTRICOS	
5.11.1.- BOMBA AGUA SALADA	
5.11.2.- BOMBA AGUA DESTILADA	
<b>6.- MODULO DE VAPOR</b>	
6.1.- PRESION DE VAPOR ENTRADA INYECTOR	
6.2.- Tª ENTRADA AGUA CALIENTE AL GENERADOR	
6.3.- Tª SALIDA	

**NOTA:** La garantía de este equipo no tendrá validez si este impreso no ha sido cubierto y remitido a fábrica en el plazo máximo de un mes desde la primera puesta en marcha de la unidad.

## HOJA DE DATOS

### EJEMPLAR PARA EL BUQUE

<b>1.- COMPRADOR:</b>		
<b>2.- ARMADOR:</b>		
2.1.- DIRECCIÓN:		
2.2.- TELEFONO:	2.3.- FAX:	
2.4.- BUQUE:	2.5.- BANDERA:	
<b>3.- CARACTERISTICAS DEL MOTOR AL QUE ESTA INTERCONEXIONADO EL GENERADOR</b>		
3.1.- MOTOR TIPO:	3.2.- POTENCIA:	
<b>4.- EN CASO DE NO ESTAR CONEXIONADO A UN MOTOR, INDICAR FUENTE CALORIFICA.</b>		
4.1.- FUENTE CALORIFICA:		
<b>5.- DATOS PRIMERA PUESTA EN MARCHA</b>		<b>FECHA:</b>
5.1.- Tª ENTRADA A/D PROCEDENTE DEL MOTOR		
5.2.- Tª RETORNO A/D AL MOTOR		
5.3.- Tª AGUA DEL MAR		
5.4.- Tª ENTRADA A/S AL CONDENSADOR		
5.5.- Tª SALIDA A/S DEL CONDENSADOR		
5.6.- Tª VAPORIZACION		
5.7.- PRESION A/S ENTRADA CONDENSADOR		
5.8.- VACIO		
	5.8.1.- SIN DAR CALEFACCION	
	5.8.2.- CON EQUIPO EN PRODUCCION	
5.9.- PRODUCCION AGUA DESTILADA (L/MIN)		
5.10.- SALINIDAD (PPM)		
5.11.- CONSUMOS ELECTRICOS		
	5.11.1.- BOMBA AGUA SALADA	
	5.11.2.- BOMBA AGUA DESTILADA	
<b>6.- MODULO DE VAPOR</b>		
6.1.- PRESION DE VAPOR ENTRADA INYECTOR		
6.2.- Tª ENTRADA AGUA CALIENTE AL GENERADOR		
6.3.- Tª SALIDA		

## TABLA DE CONTENIDOS

### **CAPITULO 0 PRECAUCIONES GENERALES DE SEGURIDAD.**

### **CAPITULO 1 INFORMACION GENERAL.**

- 1.1.- Prólogo.
- 1.2.- Certificación
- 1.3.- Garantía.
- 1.4.- Aplicación.
- 1.5.- Características.
- 1.6.- Fuente Calorífica.
- 1.7.- Principio de Operación.
- 1.8.- Agua Producida.
- 1.9.- Diferentes Instalaciones.
- 1.10.- Abreviaturas y símbolos.

### **CAPITULO 2 GAMA DE MODELOS Y CAPACIDADES.**

### **CAPITULO 3 DESCRIPCION DE ELEMENTOS DEL GENERADOR**

- 3.1.- Recipiente de Destilación.
- 3.2.- Placas Separadoras / Filtro Separador.
- 3.3.- Intercambiadores de Calor y Tapas.
- 3.4.- Bomba Agua Salada, Condensación y Eyectores.
- 3.5.- Eyector Aire/Salmuera.
- 3.6.- Válvula Control Alimentación.
- 3.7.- Bomba Extracción Agua Destilada.
- 3.8.- Sistema Distribución Destilado.
- 3.9.- Cuadro Eléctrico Maniobra / Control.

### **CAPITULO 4 DETALLES DE INSTALACION.**

- 4.1.- Agua Salada.
- 4.2.- Suministro Energía Térmica.
- 4.3.- Agua Destilada.
- 4.4.- Extracción Aire / Salmuera.
- 4.5.- Conexión Inhibidor de Incrustaciones.

### **CAPITULO 5 INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN.**

- 5.1.- Primera Puesta en Servicio.
- 5.2.- Puesta en Servicio del Generador **Aquamar®**
- 5.3.- Parada del Generador.
- 5.4.- Condiciones de Operación.
- 5.5.- Puesta en marcha en aguas frías.
- 5.6.- Hoja Datos Técnicos.



## **CAPITULO 6 POSIBLES AVERIAS.**

## **CAPITULO 7 INSPECCION Y MANTENIMIENTO.**

- 7.1.- Generalidades.
- 7.2.- Sistema de Agua Salada.
  - 7.2.1.- Comprobaciones.
  - 7.2.2.- Cambio Impulsor Bomba Agua Salada.
  - 7.2.3.- Cambio del Cierre Mecánico.
- 7.3.- Sistema Agua Destilada.
  - 7.3.1.- Comprobaciones.
  - 7.3.2.- Cambio Impulsor Bomba Destilado.
  - 7.3.3.- Cambio del Cierre Mecánico.
  - 7.3.4.- Limpieza de la Célula Salinométrica.
- 7.4.- Haces Tubulares.
  - 7.6.1.- Extracción de los Haces Tubulares.
  - 7.6.2.- Limpieza del Calentador.
  - 7.6.3.- Limpieza del Condensador.
- 7.5.- Limpieza Filtro Separador.
- 7.6.- Equipo Inhibidor de Incrustaciones.
- 7.7.- Prueba Hidráulica.
- 7.8.- Mantenimiento eléctrico.
  - 7.8.1.- Cuadro Eléctrico.
  - 7.8.2.- Motor Eléctrico.
  - 7.8.3.- Válvula Solenoide de 2 vías

## **CAPITULO 8 PLANOS.**

## **CAPITULO 9 LISTA DE REPUESTOS.**

- 9.1.- Generador de Agua.
- 9.2.- Bomba Agua Destilada.
- 9.3.- Bomba Agua Salada.
- 9.4.- Cuadro Eléctrico Maniobra y Control.

### **3.4.- Bomba Agua Salada.**

**Planos N°: 01.16.02.001ABB**

La bomba de agua salada suministra al condensador la cantidad de agua necesaria para condensar los vapores producidos, absorbiendo el calor latente de condensación del destilado producido.

La presión de operación estará comprendida entre 3,2 bar a 6 bar, en función de las características de la instalación.

En la selección de esta bomba, o del circuito de suministro, se ha de tener en cuenta que: Un caudal insuficiente no permitiría la obtención de la producción nominal de agua destilada, trabajando la unidad con un vacío bajo y una elevada temperatura de vaporización; y que un caudal elevado produciría la erosión de los tubos del condensador y las placas tubulares, y el subenfriamiento de la unidad obteniendo agua destilada de mala calidad.

BOMBA	EQUIPO	N° PLANO
15 CV.	AQ-16/20A	01.16.02.001-ABB



**La bomba se instalará siempre por debajo de la línea de flotación en cualquier condición de carga del buque..**

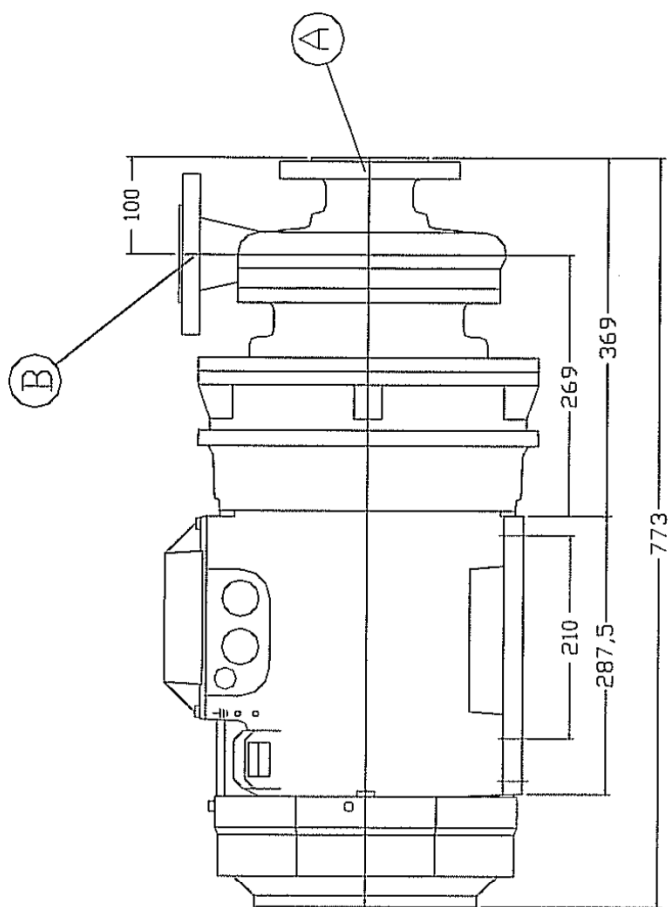
Se recomienda la instalación de un filtro entre la aspiración de la bomba y la toma de agua, para evitar la entrada de cualquier elemento que pueda obstruir el circuito de agua salada o dañar la bomba, siempre y cuando la toma de mar sea independiente. Si el agua salada es tomada de un colector general donde el agua ha sido previamente filtrada no es necesaria su instalación.



### 3.4.1.- Bomba A/S 15 CV.

#### Características generales:

- |               |                                  |
|---------------|----------------------------------|
| • Tipo:       | Centrífuga monoblock horizontal. |
| • Fabricante: | Gefico Enterprise                |
| • Modelo:     | GEF-AS-197-6-15                  |



A	SUCTION	DIN 2576
	ASPIRACION	DN 65
B	DISCHARGE	DIN 2576
	DESCARGA	DN 50

GENERAL NOTES										GEFICO, S.A. C/OUTENBERG, LA CORUNA SPAIN										COOLING/EJECTOR PUMP BOMBA AGUA SALADA 15 C.V. (ABB)																																																																																																																							
										<div>GEFICO</div> <div></div> <div>GEFICO DESIGN STANDARD</div>										<div>THIS DRAWING PUBLISHED AND THE SOLE PROPERTY OF GEFICO, S.A. AND THE USER OF THIS DRAWING SHALL BE RESPONSIBLE FOR THE PROTECTION OF HIS CONFIDENTIALITY. THE USER OF THIS DRAWING SHALL NOT BE ALLOWED TO CONSIDERATION OF THE LOAN OF THIS DRAWING TO ANY OTHER PERSON OR FOR ANY OTHER PURPOSE WITHOUT THE AGREES TO RETURN IT UPON REQUEST AND TO SIGNIFY IT BY THE USER OF THE DRAWING. THE USER OF THE DRAWING SHALL NOT BE RESPONSIBLE FOR THE DISPOSAL OF DIRECTLY OR INDIRECTLY.</div>																																																																																																																							
REV. DATE										DESCRIPTION										BY										CHK										ENG										MNGR.																																																																																									

## CAPITULO 4.- DETALLES DE INSTALACION.

El generador de agua **AQUAMAR**, deberá instalarse lo más cerca posible de la fuente de calor, con el fin de evitar pérdidas de calor y caídas de presión en las tuberías de conexión.

Se ha de prever un espacio libre de obstáculos alrededor del equipo para facilitar las tareas de mantenimiento, sobre todo para el desmontaje de los haces tubulares del calentador y condensador, así como para las operaciones de regulación y reparación de averías (observar plano dimensional de la unidad).

El generador deberá instalarse, si es posible, con los haces tubulares en la línea de proa a popa, con el fin de reducir al mínimo los efectos de balance del buque.

Solo cinco (5) tuberías son necesarias para conectar el generador a la instalación.



Las tuberías de conexión al generador serán, como mínimo, 1/2" o 1" mayores que las conexiones de este, para evitar perdidas de presión en los circuitos.

Las conexiones estándar para los generadores AQ-1/2 a AQ-4/5B son roscadas (BSP)

Las conexiones para las gamas superiores son con bridas DIN-2576, PN-10.

**TABLA 4.1. Conexiones externas**

Modelo	Entrada A/Salada	Salida A/Salada	Agua Motor	Salida Destilado
AQ-1/2	1"	1 1/4"	1 1/2"	1/2"
AQ-2/3	1"	1 1/4"	1 1/2"	1/2"
AQ-3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	1/2"
AQ-3/4A	1"	1 1/4"	1 1/2"	1/2"
AQ-4/5B	1"	1 1/4"	1 1/2"	1/2"
AQ-4/5 A	1 1/2"	2"	2"	1/2"
AQ-5/6 A	1 1/2"	2"	2"	1/2"
AQ-6/8	2"	2"	2"	1/2"
AQ-8/10	2"	2"	2"	1/2"
AQ-10/12	2"	2"	2"	1/2"
AQ-12/16	2 1/2"	2"	2 1/2"	1/2"
AQ-16/20A	2 1/2"	4"	2 1/2"	1/2"
AQ-20/25A	4"	4"	3"	3/4"
AQ-25/30A	4"	4"	3"	3/4"
AQ-30/35A	5"	4"	3"	1"
AQ-35/40A	5"	4"	4"	1"
AQ-40/50A	5"	4"	5"	1"

#### 5.4.- Condiciones de Operación.

Las unidades **AQUAMAR** están diseñadas para alcanzar su producción nominal con agua de mar (35.000 p.p.m.) con una temperatura máxima de 32°C. La temperatura del agua de calefacción estará comprendida entre 60°C y 98°C.

Los datos de operación del generador de agua, varían en función de las temperaturas de agua de condensación y de calefacción. A continuación se resumen los datos generales de operación:

- Vacío: 65cm.Hg. a 75cm.Hg.
- Presión agua salada: 3,2 a 6 bar
- Máx. presión descarga salmuera: 0,3 bar.
- Temperatura vaporización: Entre 40°C y 55°C
- Presión máxima agua calefacción: 6 bar
- Temperatura agua motor: De 60°C a 98°C



**ANEXO E: BOMBAS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA DULCE Y  
SALADA**



CATÁLOGO GENERAL 2006



**BLOCH**  
EL DOMINIO DEL AGUA





	<u>Pág.</u>	
<b>BOMBAS Y EQUIPOS DE PRESION</b> DOMESTICOS Y PARA TRASIEGO DE GASOLEO	4	<b>1</b>
<b>BOMBAS CENTRIFUGAS MONOBLOC. NORMA DIN 24255</b> APLICACIONES GENERALES	33	<b>2</b>
<b>BOMBAS VERTICALES</b>	53	<b>3</b>
<b>BOMBAS Y EQUIPOS PARA PISCINAS</b>	59	<b>4</b>
<b>BOMBAS SUMERGIBLES PARA POZOS PROFUNDOS DE 4" A 16"</b> ACCESORIOS	65	<b>5</b>
<b>BOMBAS DE ACHIQUE, DRENAJE Y FOSA SÉPTICA</b> ACCESORIOS	88	<b>6</b>
<b>EQUIPOS DE PRESION GRANDES ABASTECIMIENTOS</b> 1, 2 Y 3 BOMBAS (HORIZONTALES Y VERTICALES)	123	<b>7</b>
<b>EQUIPOS CONTRA INCENDIOS</b>	139	<b>8</b>
<b>COMPLEMENTOS DE GAMA</b> AUTOCEBANTES DE FLUJO REVERSIBLE	145	<b>9</b>
<b>CUADROS Y ACCESORIOS.</b> DEPOSITOS PRESION, NIVOSTATOS, PRESOSTATOS, MANOMETROS, INYECTORES DE AIRE, VALVULAS, ETC.	149	<b>10</b>
<b>ORIENTACIONES TECNICAS</b>	163	<b>11</b>



# Electrobombas multicelulares horizontales

## Serie

**HX**

### Aplicaciones

Para abastecimientos domésticos, civiles, industriales, agrícolas, etc. (equipos de presión, riegos por aspersión, etc.)

Para agua limpia sin elementos o aditivos que puedan perjudicar los materiales de la bomba.

Temperatura máxima del líquido 90°C.

Presión máxima de servicio 6 bar.

### Construcción

**BOMBA.** Toda la parte hidráulica en contacto con el líquido en **acero inoxidable**:

Cuerpo bomba, rodetes, difusores, tornillería en acero inoxidable **AISI-304**. Eje bomba en **AISI 303** sello mecánico en cerámica y grafito.

**MOTOR.** Motor a inducción de 2 polos, 50 Hz. (n= 2900 rpm). Aislamiento clase F. Protección IP55.

Trifásico: 230/400 V  $\pm 10\%$ .

Monofásico: 230 V  $\pm 10\%$  con condensador y termoprotector incorporados.



**HX 25M**

## PRESTACIONES Y CARACTERISTICAS

Tipos	Motor				Caudal en litros por hora											Roscas
	P1	P2		CTE	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000	Imp.
	Kw	HP	Kw		Altura en metros											Asp.
HX 23T HX 23M	0,54	0,5	0,37	trif. monf.	26	24,5	23,3	21,2	18,9	16,1	12,5	8,7				G1"
HX 24T HX 24M	0,65	0,6	0,44	trif. monf.	34,6	32,6	31	28,2	25	21,5	16,7	11,6				
HX 25T HX 25M	0,80	0,75	0,55	trif. monf.	43,3	40,8	38,8	35,3	31,4	26,9	20,9	14,4				
HX 26T HX 26M	1,08	1	0,75	trif. monf.	52	49	46,6	42,4	37,7	32,3	25,1	17,4				G1" G1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>
HX 43T HX 43M	0,80	0,75	0,55	trif. monf.		27	26,5	26	25,5	25	24,1	23,2	22,1	20,6	17,5	
HX 44T HX 44M	1,08	1	0,75	trif. monf.		36	35,5	35	34,3	33,5	32,8	32	29,5	26,5	23	

- **P1: Potencia absorbida** 1 ~ 230 Volt. - P2: Potencia nominal, que es la que consta en la placa de características.

## ELECTROBOMBAS CENTRIFUGAS MONOBLOC HORIZONTALES CON BRIDAS A 2.900 rpm

Serie **ST2 80** (2.900 rpm)

tamaño bridas Imp: **DN80** - Asp: **DN100**

Tipos	Motor P2		Caudal en m³/hora											
	HP	Kw	0	96	108	120	144	156	180	216	240	270		
			Altura en metros											
ST2 80-16 / 150	15	11	26	24,5	23,5	22,5	20	19,5	17					
ST2 80-16 / 200	20	15	32	30	29	28	26,8	25,5	21,5	15,5				
ST2 80-16 / 250	25	18,5	34	32,5	32	31,5	30	29,8	27	22,5				
ST2 80-16 / 300	30	22	38	37,5	37	36,5	34,5	34	32,5	28	24			
ST2 80-20 / 300	30	22	48	45,2	44,7	43,5	41	39,2	36	29				
ST2 80-20 / 400	40	30	53,5	51	50	49	46,5	44	43	38,5	31			
ST2 80-20 / 500	50	37	58,5	56,5	56,2	55,5	53,5	52,5	49	44	41			
ST2 80-20 / 600	60	45	64	62,2	61,8	61,5	60	59	56	52,5	47,5	41		
ST2 80-26 / 600	60	45	71	68,5	67	66	64	60	56	45				
ST2 80-26 / 750	75	55	83,5	82,5	82	80	78	77	73	66	60			
ST2 80-26 / 1000	100	75	98	96,5	96	95	94	91	88	82	77	66,5		

2

Serie **ST2 100** (2.900 rpm)

tamaño bridas Imp: **DN100** - Asp: **DN125**

Tipos	Motor P2		Caudal en m³/hora											
	HP	Kw	0	108	120	144	156	180	216	240	270	324	360	
			Altura en metros											
ST2 100-20 / 300	30	22	41	38,8	38	37	36	34,5	31,3	29	23,5			
ST2 100-20 / 400	40	30	46,8	46	45,5	44,7	44	42,6	40	38	32,8			
ST2 100-20 / 500	50	37	52	51,2	51	50,7	49,4	48,8	47,5	45	41,3	30,4		
ST2 100-20 / 600	60	45	58	57,3	57	56,8	56,5	56	54	52	48,6	43	37,5	
ST2 100-20 / 750	75	55	63	63	62,5	62,3	62	61,5	60,4	59,3	57	50,7	46	
ST2 100-26 / 600	60	45	60	59	58	57,5	57,3	55	50	48	42	31		
ST2 100-26 / 750	75	55	70	69	68,5	67,5	66,5	65	62	58	55	47		
ST2 100-26 / 1000	100	75	80	79,2	78,9	77,5	77	76	74	70,5	67	60	53	

Serie **ST2 125** (2.900 rpm)

tamaño bridas Imp: **DN125** - Asp: **DN150**

Tipos	Motor P2		Caudal en m³/hora											
	HP	Kw	0	120	144	156	180	216	240	270	324	360	450	500
			Altura en metros											
ST2 125-20 / 600	60	45	45,5	43,3	43	42,9	42,8	42,5	42	41	40	38,5	34,5	
ST2 125-20 / 750	75	55	48,5	47,8	47,6	47,4	47,2	47	46,5	46,2	45,5	43,2	38,5	34
ST2 125-20 / 1000	100	75	56	53,4	52,5	52,5	52	51	50,3	49,5	48,5	47,5	42	37



## **ANEXO F: GENERADORES ELÉCTRICOS**



## DIESEL GENERATOR SET



Image shown may not reflect actual package.

## CONTINUOUS 728 ekW 910 kVA 50 Hz 1500 rpm 400 Volts

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

### FEATURES

#### FUEL/EMISSIONS STRATEGY

- Low Fuel consumption

#### DESIGN CRITERIA

- The generator set accepts 100% rated load in one step per NFPA 110 and meets ISO 8528-5 transient response.

#### FULL RANGE OF ATTACHMENTS

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested
- Flexible packaging options for easy and cost effective installation

#### SINGLE-SOURCE SUPPLIER

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

#### WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT

- Cat dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S-O-S<sup>SM</sup> program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

#### CAT® C32 ATAAC DIESEL ENGINE

- Utilizes ACERT™ Technology
- Reliable, rugged, durable design
- Four-cycle diesel engine combines consistent performance and excellent fuel economy with minimum weight
- Electronic engine control

#### CAT GENERATOR

- Designed to match the performance and output characteristics of Cat diesel engines
- Single point access to accessory connections
- UL 1446 recognized Class H insulation

#### CAT EMCP 4 CONTROL PANELS

- Simple user friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of customer needs
- Integrated Control System and Communications Gateway



# CONTINUOUS 728 ekW 910 kVA

50 Hz 1500 rpm 400 Volts



## TECHNICAL DATA

Open Generator Set - - 1500 rpm/50 Hz/400 Volts	DM9953	
<b>Low Fuel Consumption</b>		
<b>Generator Set Package Performance</b>		
Genset Power rating @ 0.8 pf	910 kVA	
Genset Power rating with fan	728 ekW	
<b>Coolant to aftercooler</b>		
Coolant to aftercooler temp max	49 ° C	120 ° F
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with fan	189.5 L/hr	50.1 Gal/hr
75% load with fan	142.8 L/hr	37.7 Gal/hr
50% load with fan	100.4 L/hr	26.5 Gal/hr
<b>Cooling System<sup>1</sup></b>		
Air flow restriction (system)	0.12 kPa	0.48 in. water
Air flow (max @ rated speed for radiator arrangement)	883 m³/min	31183 cfm
Engine Coolant capacity with radiator/exp. tank	226.0 L	59.7 gal
Engine coolant capacity	55.0 L	14.5 gal
Radiator coolant capacity	171.0 L	45.2 gal
<b>Inlet Air</b>		
Combustion air inlet flow rate	55.9 m³/min	1974.1 cfm
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas temperature	503.4 ° C	938.1 ° F
Exhaust gas flow rate	152.0 m³/min	5367.8 cfm
Exhaust flange size (internal diameter)	203 mm	8 in
Exhaust system backpressure (maximum allowable)	10.0 kPa	40.2 in. water
<b>Heat Rejection</b>		
Heat rejection to coolant (total)	281 kW	15980 Btu/min
Heat rejection to exhaust (total)	698 kW	39695 Btu/min
Heat rejection to aftercooler	125 kW	7109 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from engine	102 kW	5801 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from generator	44.0 kW	2502.3 Btu/min
<b>Alternator<sup>2</sup></b>		
Motor starting capability @ 30% voltage dip	2297 skVA	
Frame	1402	
Temperature Rise	105 ° C	189 ° F
<b>Lube System</b>		
Sump refill with filter	99.0 L	26.2 gal
<b>Emissions (Nominal)<sup>3</sup></b>		
NOx mg/nm³	2914.2 mg/nm³	
CO mg/nm³	315.2 mg/nm³	
HC mg/nm³	10.9 mg/nm³	
PM mg/nm³	18.3 mg/nm³	

<sup>1</sup> For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.

<sup>2</sup> UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics. Generator temperature rise is based on a 40°C ambient per NEMA MG1-32.

<sup>3</sup> Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77°F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.





## DIESEL GENERATOR SET



Image shown may not reflect actual package.

## CONTINUOUS 1056 ekW 1320 kVA 50 Hz 1500 rpm 400 Volts

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

### FEATURES

#### FUEL/EMISSIONS STRATEGY

- Low Fuel consumption

#### DESIGN CRITERIA

- The generator set accepts 100% rated load in one step per NFPA 110 and meets ISO 8528-5 transient response.

#### FULL RANGE OF ATTACHMENTS

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested
- Flexible packaging options for easy and cost effective installation

#### SINGLE-SOURCE SUPPLIER

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

#### WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT

- Cat dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S•O•S<sup>SM</sup> program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

#### CAT® 3512B TA DIESEL ENGINE

- Reliable, rugged, durable design
- Field-proven in thousands of applications worldwide
- Four-stroke-cycle diesel engine combines consistent performance and excellent fuel economy with minimum weight

#### CAT SR5 GENERATOR

- Matched to the performance and output characteristics of Cat engines
- Industry leading mechanical and electrical design
- Industry leading motor starting capabilities
- High Efficiency

#### CAT EMCP 4 CONTROL PANELS

- Simple user friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of customer needs
- Integrated Control System and Communications Gateway

# CONTINUOUS 1056 ekW 1320 kVA

50 Hz 1500 rpm 400 Volts



## TECHNICAL DATA

Open Generator Set - 1500 rpm/50 Hz/400 Volts	DM8033	
<b>Low Fuel Consumption</b>		
<b>Generator Set Package Performance</b>		
Genset Power rating @ 0.8 pf	1320 kVA	
Genset Power rating with fan	1056 ekW	
<b>Coolant to aftercooler</b>		
Coolant to aftercooler temp max	30 ° C	86 ° F
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with fan	271.8 L/hr	71.8 Gal/hr
75% load with fan	206.3 L/hr	54.5 Gal/hr
50% load with fan	146.7 L/hr	38.8 Gal/hr
<b>Cooling System<sup>1</sup></b>		
Air flow restriction (system)	0.12 kPa	0.48 in. water
Engine Coolant capacity with radiator/exp. tank	286.8 L	75.8 gal
Engine coolant capacity	156.8 L	41.4 gal
Radiator coolant capacity	130.0 L	34.3 gal
<b>Inlet Air</b>		
Combustion air inlet flow rate	98.1 m <sup>3</sup> /min	3464.4 cfm
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas temperature	388.0 ° C	730.4 ° F
Exhaust gas flow rate	226.3 m <sup>3</sup> /min	7991.7 cfm
Exhaust flange size (internal diameter)	203.2 mm	8.0 in
Exhaust system backpressure (maximum allowable)	6.7 kPa	26.9 in. water
<b>Heat Rejection</b>		
Heat rejection to coolant (total)	437 kW	24852 Btu/min
Heat rejection to exhaust (total)	914 kW	51979 Btu/min
Heat rejection to aftercooler	266 kW	15127 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from engine	106 kW	6028 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from generator	44.0 kW	2502.3 Btu/min
<b>Alternator<sup>2</sup></b>		
Motor starting capability @ 30% voltage dip	4282 skVA	
Frame	1468	
Temperature Rise	105 ° C	189 ° F
<b>Lube System</b>		
Sump refill with filter	310.4 L	82.0 gal
<b>Emissions (Nominal)<sup>3</sup></b>		
NOx mg/nm <sup>3</sup>	3312.8 mg/nm <sup>3</sup>	
CO mg/nm <sup>3</sup>	717.9 mg/nm <sup>3</sup>	
HC mg/nm <sup>3</sup>	82.8 mg/nm <sup>3</sup>	
PM mg/nm <sup>3</sup>	33.4 mg/nm <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.

<sup>2</sup> UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics. Generator temperature rise is based on a 40 degree C ambient per NEMA MG1-32.

<sup>3</sup> Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77°F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.

## DIESEL GENERATOR SET



Image shown may not reflect actual package.

## CONTINUOUS 1200 ekW 1500 kVA 50 Hz 1500 rpm 400 Volts

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

### FEATURES

#### FUEL/EMISSIONS STRATEGY

- Low Fuel consumption

#### DESIGN CRITERIA

- The generator set accepts 100% rated load in one step per NFPA 110 and meets ISO 8528-5 transient response.

#### FULL RANGE OF ATTACHMENTS

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested
- Flexible packaging options for easy and cost effective installation

#### SINGLE-SOURCE SUPPLIER

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

#### WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT

- Cat dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S•O•S<sup>SM</sup> program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

#### CAT® 3512B-HD TA DIESEL ENGINE

- Reliable, rugged, durable design
- Field-proven in thousands of applications worldwide
- Four-stroke-cycle diesel engine combines consistent performance and excellent fuel economy with minimum weight

#### CAT SR5 GENERATOR

- Matched to the performance and output characteristics of Cat engines
- Industry leading mechanical and electrical design
- Industry leading motor starting capabilities
- High Efficiency

#### CAT EMCP 4 CONTROL PANELS

- Simple user friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of customer needs
- Integrated Control System and Communications Gateway





# CONTINUOUS 1200 ekW 1500 kVA

50 Hz 1500 rpm 400 Volts



## TECHNICAL DATA

Open Generator Set - - 1500 rpm/50 Hz/400 Volts	DM8236	
<b>Low Fuel Consumption</b>		
<b>Generator Set Package Performance</b> Genset Power rating @ 0.8 pf Genset Power rating with fan	1500 kVA 1200 ekW	
<b>Coolant to aftercooler</b> Coolant to aftercooler temp max	30 ° C	86 ° F
<b>Fuel Consumption</b> 100% load with fan 75% load with fan 50% load with fan	304.2 L/hr 231.9 L/hr 162.8 L/hr	80.4 Gal/hr 61.3 Gal/hr 43.0 Gal/hr
<b>Cooling System<sup>1</sup></b> Air flow restriction (system) Engine Coolant capacity with radiator/exp. tank Engine coolant capacity Radiator coolant capacity	0.12 kPa 305.8 L 156.8 L 149.0 L	0.48 in. water 80.8 gal 41.4 gal 39.4 gal
<b>Inlet Air</b> Combustion air inlet flow rate	107.6 m <sup>3</sup> /min	3799.9 cfm
<b>Exhaust System</b> Exhaust stack gas temperature Exhaust gas flow rate Exhaust flange size (internal diameter) Exhaust system backpressure (maximum allowable)	435.5 ° C 264.9 m <sup>3</sup> /min 203.2 mm 6.7 kPa	815.9 ° F 9354.9 cfm 8.0 in 26.9 in. water
<b>Heat Rejection</b> Heat rejection to coolant (total) Heat rejection to exhaust (total) Heat rejection to aftercooler Heat rejection to atmosphere from engine Heat rejection to atmosphere from generator	448 kW 1128 kW 263 kW 102 kW 56.5 kW	25478 Btu/min 64149 Btu/min 14957 Btu/min 5801 Btu/min 3213.1 Btu/min
<b>Alternator<sup>2</sup></b> Motor starting capability @ 30% voltage dip Frame Temperature Rise	4266 skVA 1602 105 ° C	189 ° F
<b>Lube System</b> Sump refill with filter	310.4 L	82.0 gal
<b>Emissions (Nominal)<sup>3</sup></b> NOx mg/nm <sup>3</sup> CO mg/nm <sup>3</sup> HC mg/nm <sup>3</sup> PM mg/nm <sup>3</sup>	2493.0 mg/nm <sup>3</sup> 282.6 mg/nm <sup>3</sup> 46.0 mg/nm <sup>3</sup> 50.9 mg/nm <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.

<sup>2</sup> UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics. Generator temperature rise is based on a 40 degree C ambient per NEMA MG1-32.

<sup>3</sup> Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77°F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.

## DIESEL GENERATOR SET



Image shown may not reflect actual package.

## CONTINUOUS 1400 ekW 1750 kVA 50 Hz 1500 rpm 400 Volts

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

### FEATURES

#### FUEL/EMISSIONS STRATEGY

- Low Fuel consumption

#### DESIGN CRITERIA

- The generator set accepts 100% rated load in one step per NFPA 110 and meets ISO 8528-5 transient response.

#### FULL RANGE OF ATTACHMENTS

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested
- Flexible packaging options for easy and cost effective installation

#### SINGLE-SOURCE SUPPLIER

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

#### WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT

- Cat dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S•O•S<sup>SM</sup> program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

#### CAT® 3516B TA DIESEL ENGINE

- Reliable, rugged, durable design
- Field-proven in thousands of applications worldwide
- Four-stroke-cycle diesel engine combines consistent performance and excellent fuel economy with minimum weight

#### CAT SR5 GENERATOR

- Matched to the performance and output characteristics of Cat engines
- Industry leading mechanical and electrical design
- Industry leading motor starting capabilities
- High Efficiency

#### CAT EMCP 4 CONTROL PANELS

- Simple user friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of customer needs
- Integrated Control System and Communications Gateway

# CONTINUOUS 1400 ekW 1750 kVA

50 Hz 1500 rpm 400 Volts



## TECHNICAL DATA

Open Generator Set - - 1500 rpm/50 Hz/400 Volts	DM8353	
Low Fuel Consumption		
Coolant to aftercooler		
Coolant to aftercooler temp max	90 ° C	194 ° F
Generator Set Package Performance		
Genset Power rating @ 0.8 pf	1750 kVA	
Genset Power rating with fan	1400 ekW	
Fuel Consumption		
100% load with fan	357.3 L/hr	94.4 Gal/hr
75% load with fan	273.7 L/hr	72.3 Gal/hr
50% load with fan	195.4 L/hr	51.6 Gal/hr
Cooling System <sup>1</sup>		
Engine Coolant capacity with radiator/exp. tank	382.0 L	100.9 gal
Engine coolant capacity	233.0 L	61.6 gal
Radiator coolant capacity	149.0 L	39.4 gal
Inlet Air		
Combustion air inlet flow rate	109.1 m³/min	3852.8 cfm
Exhaust System		
Exhaust stack gas temperature	495.9 ° C	924.6 ° F
Exhaust gas flow rate	294.7 m³/min	10407.2 cfm
Exhaust flange size (internal diameter)	203.2 mm	8.0 in
Exhaust system backpressure (maximum allowable)	6.7 kPa	26.9 in. water
Heat Rejection		
Heat rejection to coolant (total)	604 kW	34349 Btu/min
Heat rejection to exhaust (total)	1344 kW	76433 Btu/min
Heat rejection to aftercooler	188 kW	10692 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from engine	142 kW	8076 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from generator	58.3 kW	3315.5 Btu/min
Alternator <sup>2</sup>		
Motor starting capability @ 30% voltage dip	5865 skVA	
Frame	1647	
Temperature Rise	105 ° C	189 ° F
Lube System		
Sump refill with filter	401.3 L	106.0 gal
Emissions (Nominal) <sup>3</sup>		
NOx mg/nm³	4343.1 mg/nm³	
CO mg/nm³	224.8 mg/nm³	
HC mg/nm³	57.3 mg/nm³	
PM mg/nm³	21.8 mg/nm³	

<sup>1</sup> For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.

<sup>2</sup> Generator temperature rise is based on a 40° C (104° F) ambient per NEMA MG1-32.

<sup>3</sup> Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77°F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.

## DIESEL GENERATOR SET



Image shown may not reflect actual package.

## CONTINUOUS 1600 ekW 2000 kVA 50 Hz 1500 rpm 400 Volts

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

### FEATURES

#### FUEL/EMISSIONS STRATEGY

- Low Emissions

#### DESIGN CRITERIA

- The generator set accepts 100% rated load in one step per NFPA 110 and meets ISO 8528-5 transient response.

#### FULL RANGE OF ATTACHMENTS

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested
- Flexible packaging options for easy and cost effective installation

#### SINGLE-SOURCE SUPPLIER

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

#### WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT

- Cat dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S•O•S<sup>SM</sup> program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

#### CAT® 3516B-HD TA DIESEL ENGINE

- Reliable, rugged, durable design
- Field-proven in thousands of applications worldwide
- Four-stroke-cycle diesel engine combines consistent performance and excellent fuel economy with minimum weight

#### CAT SR5 GENERATOR

- Matched to the performance and output characteristics of Cat engines
- Industry leading mechanical and electrical design
- Industry leading motor starting capabilities
- High Efficiency

#### CAT EMCP 4 CONTROL PANELS

- Simple user friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of customer needs
- Integrated Control System and Communications Gateway



# CONTINUOUS 1600 ekW 2000 kVA

50 Hz 1500 rpm 400 Volts



## TECHNICAL DATA

Open Generator Set - - 1500 rpm/50 Hz/400 Volts	DM8386	
<b>Low Emissions</b>		
<b>Coolant to aftercooler</b> Coolant to aftercooler temp max	90 ° C	194 ° F
<b>Generator Set Package Performance</b> Genset Power rating @ 0.8 pf Genset Power rating with fan	2000 kVA 1600 ekW	
<b>Fuel Consumption</b> 100% load with fan 75% load with fan 50% load with fan	422.3 L/hr 315.7 L/hr 221.3 L/hr	111.6 Gal/hr 83.4 Gal/hr 58.5 Gal/hr
<b>Cooling System<sup>1</sup></b> Engine Coolant capacity with radiator/exp. tank Engine coolant capacity Radiator coolant capacity	382.0 L 233.0 L 149.0 L	100.9 gal 61.6 gal 39.4 gal
<b>Inlet Air</b> Combustion air inlet flow rate	139.3 m³/min	4919.3 cfm
<b>Exhaust System</b> Exhaust stack gas temperature Exhaust gas flow rate Exhaust flange size (internal diameter) Exhaust system backpressure (maximum allowable)	499.8 ° C 378.5 m³/min 203.2 mm 6.7 kPa	931.6 ° F 13366.6 cfm 8.0 in 26.9 in. water
<b>Heat Rejection</b> Heat rejection to coolant (total) Heat rejection to exhaust (total) Heat rejection to aftercooler Heat rejection to atmosphere from engine Heat rejection to atmosphere from generator	651 kW 1693 kW 274 kW 153 kW 64.9 kW	37022 Btu/min 96281 Btu/min 15582 Btu/min 8701 Btu/min 3690.9 Btu/min
<b>Alternator<sup>2</sup></b> Motor starting capability @ 30% voltage dip Frame Temperature Rise	6537 skVA 1844 105 ° C	189 ° F
<b>Lube System</b> Sump refill with filter	401.3 L	106.0 gal
<b>Emissions (Nominal)<sup>3</sup></b> NOx mg/nm³ CO mg/nm³ HC mg/nm³ PM mg/nm³	2749.3 mg/nm³ 440.8 mg/nm³ 64.4 mg/nm³ 17.2 mg/nm³	

<sup>1</sup> For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.

<sup>2</sup> Generator temperature rise is based on a 40° C (104° F) ambient per NEMA MG1-32.

<sup>3</sup> Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77°F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.



## DIESEL GENERATOR SET



Image shown may not reflect actual package.

## CONTINUOUS 2000 ekW 2500 kVA 50 Hz 1500 rpm 400 Volts

Caterpillar is leading the power generation marketplace with Power Solutions engineered to deliver unmatched flexibility, expandability, reliability, and cost-effectiveness.

### FEATURES

#### FUEL/EMISSIONS STRATEGY

- Low Fuel consumption

#### DESIGN CRITERIA

- The generator set accepts 100% rated load in one step per NFPA 110 and meets ISO 8528-5 transient response.

#### FULL RANGE OF ATTACHMENTS

- Wide range of bolt-on system expansion attachments, factory designed and tested
- Flexible packaging options for easy and cost effective installation

#### SINGLE-SOURCE SUPPLIER

- Fully prototype tested with certified torsional vibration analysis available

#### WORLDWIDE PRODUCT SUPPORT

- Cat dealers provide extensive post sale support including maintenance and repair agreements
- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- The Cat® S•O•S<sup>SM</sup> program cost effectively detects internal engine component condition, even the presence of unwanted fluids and combustion by-products

#### CAT® C175-16 DIESEL ENGINE

- Reliable and durable
- Four-stroke diesel engine combines superior performance with excellent fuel economy
- Advanced electronic engine control
- Low installation and operating cost

#### CAT SR5 GENERATOR

- Matched to the performance and output characteristics of Cat engines
- Industry leading mechanical and electrical design
- Industry leading motor starting capabilities
- High Efficiency

#### CAT EMCP 4 CONTROL PANELS

- Simple user friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of customer needs
- Integrated Control System and Communications Gateway



# CONTINUOUS 2000 ekW 2500 kVA

50 Hz 1500 rpm 400 Volts



## TECHNICAL DATA

Open Generator Set - - 1500 rpm/50 Hz/400 Volts	DM8721	
<b>Generator Set Package Performance</b>		
Genset Power rating @ 0.8 pf	2500 kVA	
Genset Power rating with fan	2000 ekW	
<b>Coolant to aftercooler</b>		
Coolant to aftercooler temp max	48 ° C	118 ° F
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with fan	516.6 L/hr	136.5 Gal/hr
75% load with fan	400.0 L/hr	105.7 Gal/hr
50% load with fan	287.4 L/hr	75.9 Gal/hr
<b>Cooling System<sup>1</sup></b>		
Air flow restriction (system)	0.12 kPa	0.48 in. water
Engine coolant capacity	303.5 L	80.2 gal
<b>Inlet Air</b>		
Combustion air inlet flow rate	162.2 m <sup>3</sup> /min	5728.0 cfm
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas temperature	476.4 ° C	889.5 ° F
Exhaust gas flow rate	422.0 m <sup>3</sup> /min	14902.8 cfm
Exhaust flange size (internal diameter)	150 mm	6 in
Exhaust system backpressure (maximum allowable)	6.7 kPa	26.9 in. water
<b>Heat Rejection</b>		
Heat rejection to coolant (total)	961 kW	54652 Btu/min
Heat rejection to exhaust (total)	1892 kW	107598 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from engine	250 kW	14217 Btu/min
Heat rejection to atmosphere from generator	74.7 kW	4248.2 Btu/min
<b>Alternator<sup>2</sup></b>		
Motor starting capability @ 30% voltage dip	6187 skVA	
Frame	1866	
Temperature Rise	105 ° C	189 ° F
<b>Emissions (Nominal)<sup>3</sup></b>		
NOx mg/nm <sup>3</sup>	4411.8 mg/nm <sup>3</sup>	
CO mg/nm <sup>3</sup>	125.9 mg/nm <sup>3</sup>	
HC mg/nm <sup>3</sup>	92.1 mg/nm <sup>3</sup>	
PM mg/nm <sup>3</sup>	21.4 mg/nm <sup>3</sup>	

<sup>1</sup> For ambient and altitude capabilities consult your Cat dealer. Air flow restriction (system) is added to existing restriction from factory.

<sup>2</sup> UL 2200 Listed packages may have oversized generators with a different temperature rise and motor starting characteristics. Generator temperature rise is based on a 40 degree C ambient per NEMA MG1-32.

<sup>3</sup> Emissions data measurement procedures are consistent with those described in EPA CFR 40 Part 89, Subpart D & E and ISO8178-1 for measuring HC, CO, PM, NOx. Data shown is based on steady state operating conditions of 77°F, 28.42 in HG and number 2 diesel fuel with 35° API and LHV of 18,390 btu/lb. The nominal emissions data shown is subject to instrumentation, measurement, facility and engine to engine variations. Emissions data is based on 100% load and thus cannot be used to compare to EPA regulations which use values based on a weighted cycle.







## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla. 1: Número de buques mercantes descontando los cruceros en cada autoridad portuaria el año 2009. ....	17
Tabla. 2: Toneladas de agua suministradas por buque en cada autoridad portuaria en 2009. ....	19
Tabla. 3: Porcentaje de cruceros, con respecto a buques mercantes, atracados en 2009 en cada autoridad portuaria.....	20
Tabla. 4: Toneladas de agua total suministradas a buques mercantes, sin pasaje, atracados en cada autoridad portuaria.....	21
Tabla. 5: Toneladas de agua anuales por buque mercante sin pasaje.....	22
Tabla. 6: Litros mensuales y semanales de agua por buque mercante sin pasaje. ....	23
Tabla. 7: Precio suministro de agua en el puerto de A Coruña.....	24
Tabla. 8: Precio suministro de agua en el puerto de Alicante.....	25
Tabla. 9: Precio suministro de agua en el puerto de Almería. ....	25
Tabla. 10: Precio suministro de agua en el puerto de Avilés. ....	25
Tabla. 11: Precio suministro de agua en el puerto de la Bahía de Algeciras.....	26
Tabla. 12: Precio suministro de agua en el puerto de la Bahía de Cádiz. ....	26
Tabla. 13: Precio suministro de agua en el puerto de Baleares.....	27
Tabla. 14: Precio suministro de agua en el puerto de Bilbao.....	28
Tabla. 15: Precio suministro de agua en el puerto de Cartagena. ....	28
Tabla. 16: Precio suministro de agua en el puerto de Castellón.....	29
Tabla. 17: Precio suministro de agua en el puerto de Ceuta. ....	29
Tabla. 18: Precio suministro de agua en el puerto de Ferrol-San Cibrao.....	29
Tabla. 19: Precio suministro de agua en el puerto de Gijón. ....	30
Tabla. 20: Precio suministro de agua en el puerto de Huelva.....	30



Tabla. 21: Precio suministro de agua en el puerto de Las Palmas. ....	30
Tabla. 22: Precio suministro de agua en el puerto de Motril.....	30
Tabla. 23: Precio suministro de agua en el puerto de Pasajes.....	31
Tabla. 24: Precio suministro de agua en el puerto de Tenerife. ....	32
Tabla. 25: Precio suministro de agua en el puerto de Santander. ....	33
Tabla. 26: Precio suministro de agua en el puerto de Tarragona. ....	33
Tabla. 27: Precio suministro de agua en el puerto de Valencia. ....	34
Tabla. 28: Precio suministro de agua en el puerto de Vigo.....	35
Tabla. 29: Precio suministro de agua en el puerto de Vilagarcía de Arousa.....	35
Tabla. 30: Precio medio del suministro de agua en los puertos españoles. ....	36
Tabla. 31. ....	39
Tabla. 32. ....	39
Tabla. 33. ....	40
Tabla. 34. ....	40
Tabla. 35. ....	41
Tabla. 36. ....	41
Tabla. 37. ....	42
Tabla. 38. ....	42
Tabla. 39. ....	42
Tabla. 40: Número total de tripulantes en función del R.B.C. en buques no tanque. ....	44
Tabla 40.1.: Personal titulado de puente.....	42
Tabla 40.2.: Personal de maestranza y subalterno de cubierta.....	42
Tabla 40.3.: Formato simplificado.....	42
Tabla. 41: Número total de tripulantes en función del R.B.C. en buques tanque. ....	45
Tabla 41.1.: Buques tanque.....	43



Tabla 41.2.: Nº total de tripulantes en buques tanque.....	43
Tabla. 42: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados de los buques mercantes no tanque. ....	46
Tabla. 43: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados de los buques tanque. ....	46
Tabla. 44: Número total de tripulantes en función de C.V.E. ....	47
Tabla 44.1.: Personal titulado de máquinas.....	45
Tabla 44.2.: Personal de maestranza y subalterno de máquinas.....	45
Tabla 44.3.: Formato simplificado.....	45
Tabla. 45: Número mínimo de tripulantes en función de la potencia efectiva del motor dada en KW.....	47
Tabla. 46: Personal de fonda mínimo que ha de llevar un buque mercante en función del número de tripulantes.....	48
Tabla. 47: Tripulación mínima total para buques mercantes no tanque en función del volumen total de todos los espacios cerrados (m <sup>3</sup> ). ....	49
Tabla. 48: Tripulación mínima total para buques tanque en función del volumen total de todos los espacios cerrados (m <sup>3</sup> ). ....	49
Tabla. 49: Tripulación mínima total para buques mercantes en función de la potencia efectiva del motor (KW). ....	49
Tabla. 50: Tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados (m <sup>3</sup> ). ....	51
Tabla. 51: Tripulación mínima para buques mercantes en función de la potencia efectiva del motor (KW). ....	51
Tabla. 52: Cálculo del volumen de todos los espacios cerrados que tiene cada barco atracado en el puerto de Barcelona (2009). ....	54
Tabla. 53: Volumen de los espacios cerrados que tiene cada buque. ....	54
Tabla. 54: Metros cúbicos de combustible suministrados a cada barco. ....	55



Tabla. 55: Porcentaje de espacio medio dedicado al combustible en un buque mercante.....	55
Tabla. 56: Cantidad de agua suministrada a cada barco.....	56
Tabla. 57: Porcentaje de espacio medio dedicado al agua en un buque mercante. ....	57
Tabla. 58: Espacio medio para combustible y agua, en función de los volúmenes considerados para el cálculo de tripulación mínima a bordo. ....	58
Tabla. 59: Peso del combustible ocupando el espacio calculado correspondiente.....	59
Tabla. 60: Peso del agua ocupando el espacio calculado correspondiente.....	59
Tabla. 61: Peso total de ambos fluidos, agua y combustible, en función de los volúmenes considerados para el cálculo de tripulación mínima a bordo.....	59
Tabla. 62: Desplazamientos a considerar para el cálculo de las potencias.....	61
Tabla. 63: Potencias efectivas correspondientes a cada desplazamiento. ....	69
Tabla. 64: Potencias en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque. ....	69
Tabla. 64 (simplificada): Potencias en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque.....	69
Tabla. 65: Tripulación mínima para buques mercantes en función del volumen de todos los espacios cerrados del buque además de la tripulación con respecto a la potencia efectiva del motor. ....	71
Tabla. 66: Número mínimo de tripulantes en función del volumen de todos los espacios cerrados. ....	72
Tabla. 67: Consumo diario de agua en un buque mercantes en función del número de tripulantes. ....	74
Tabla. 68: Consumo de agua en un buque mercante en función del volumen de todos los espacios cerrados.....	75
Tabla. 69: Consumo de agua a bordo de un buque, producido por las depuradoras. ...	78
Tabla. 70: Consumo de agua producido por la caldera.....	79



Tabla. 71: Consumo de agua en un buque producido por la maquinaria a bordo .....	79
Tabla. 72: Consumo de agua en un buque producido por la tripulación y maquinaria a bordo. ....	80
Tabla. 73: Repercusión económica producida por el aprovisionamiento de agua en los buques, para diferentes períodos. ....	81
Tabla. 74: Características de cada fluido dentro del evaporador. ....	97
Tabla. 75: Características de cada fluido dentro del condensador. ....	98
Tabla. 76: Potencias del motor y calor desprendido en KW. ....	103
Tabla. 77: Valores del calor real absorbido por el agua salada. ....	104
Tabla. 78: Calor real absorbido por el agua salada según los intervalos establecidos de volumen de todos los espacios cerrados del buque. ....	104
Tabla. 79: Consumo diario de agua en un buque en función de la potencia efectiva del motor y producido por los tripulantes y la maquinaria a bordo. ....	110
Tabla. 80: Consumo diario de agua en un buque en función de la potencia efectiva del motor y producido por los tripulantes y la maquinaria a bordo en litros por segundo. ....	111
Tabla. 81: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de 2°C. ....	114
Tabla. 82: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 2°C. ....	115
Tabla. 83: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 2°C. ....	116
Tabla. 84: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de 7°C. ....	117



Tabla. 85: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 7°C. ....	118
Tabla. 86: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 7°C. ....	119
Tabla. 87: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de 13°C. ....	120
Tabla. 88: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 13°C. ....	121
Tabla. 89: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 13°C. ....	122
Tabla. 90: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de 22°C. ....	123
Tabla. 91: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 22°C. ....	124
Tabla. 92: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 22°C. ....	125
Tabla. 93: Cálculos correspondientes a los caudales, de agua de mar y de vapor producido, en el evaporador para una temperatura de entrada de agua salada de 28°C. ....	126
Tabla. 94: Cálculos correspondientes al calor necesario para el cambio de estado del vapor producido, y del caudal de agua de mar en el condensador para una temperatura de entrada de agua salada de 28°C. ....	127
Tabla. 95: Caudal de agua salada total en el generador con una temperatura de entrada de la misma de 28°C. ....	128



Tabla. 96: Bombas seleccionadas para el abastecimiento de los caudales de agua salada en el generador. ....	132
Tabla. 97: Consumo diario de agua en un buque producido por los tripulantes y la maquinaria a bordo en litros por hora. ....	134
Tabla. 98: Bomba seleccionada para el abastecimiento de los caudales de agua destilada en el generador. ....	134
Tabla. 99: Generadores eléctricos con diferentes capacidades de producción eléctrica y sus consumos de combustible correspondientes. ....	135
Tabla. 100: Potencia eléctrica producida y consumo medios de un generador eléctrico a bordo. ....	136
Tabla. 101: Precio del gasóleo establecido y publicado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo en puertos de la costa española e islas. ....	137
Tabla. 102: Bombas de agua dulce y salada seleccionadas para abastecer los caudales del sistema destilador. ....	139
Tabla. 103: Consumo económico de las bombas seleccionadas para abastecer el agua dulce y salada del sistema destilador. ....	140
Tabla. 104: Consumo económico total producido por las bombas. ....	140
Tabla. 105: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de 2°C. ....	143
Tabla. 106: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 2°C. ....	144
Tabla. 107: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de 7°C. ....	145
Tabla. 108: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 7°C. ....	146
Tabla. 109: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de 13°C. ....	147



Tabla. 110: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 13°C.....	148
Tabla. 111: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de 22°C. ....	149
Tabla. 112: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 22°C.....	150
Tabla. 113: Precio del litro de agua producido a bordo, con una temperatura del mar de 28°C. ....	151
Tabla. 114: Repercusión económica de un buque por generar agua dulce a bordo con una temperatura de agua de mar de 28°C.....	152
Tabla. 115: Estimación del precio de la implantación del sistema destilador a bordo de un buque mercante. ....	159





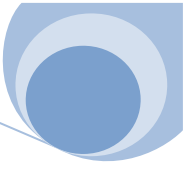
## **ÍNDICE DE ESTADÍSTICAS**

Estadística (M.F.) 1: Número de buques mercantes (A) y de cruceros (B), atracados en 2009 en cada autoridad portuaria.....	16
Estadística (M.F.) 2: Avituallamientos suministrados por cada autoridad portuaria en 2009. ....	18
Estadística (M.F.) 3 Avituallamientos suministrados en el puerto de Barcelona en 2009. ....	53
Estadística (M.F.) 4: Número de buques mercantes según tipo atracados en el puerto de Barcelona en 2009. ....	53



## **ÍNDICE DE IMÁGENES**

Imagen 1 .....	60
Imagen 2 .....	61
Imagen 3 .....	62
Imagen 4 .....	63
Imagen 5 .....	64
Imagen 6 .....	65
Imagen 7 .....	67
Imagen 8 .....	67
Imagen 9 .....	68
Imagen 10 .....	77
Imagen 11 .....	85
Imagen 12 .....	105



## BIBLIOGRAFÍA

### NOVIEMBRE 2012

[http://www.puertos.es/estadisticas/estadistica\\_historica/index.html](http://www.puertos.es/estadisticas/estadistica_historica/index.html)

<http://www.puertocoruna.com/>

<http://www.puertoalicante.com/>

<http://www.apalmeria.com/>

<http://www.puertoaviles.es/es/portada.asp>

[http://webserver.apba.es/portal/page?\\_pageid=388,171476&\\_dad=portal&\\_schEma=PORTAL](http://webserver.apba.es/portal/page?_pageid=388,171476&_dad=portal&_schEma=PORTAL)

<http://www.puertocadiz.com/opencms/index.html>

<http://www.portsdebalears.com/index.php3>

<http://www.bilbaoport.es/aPBW/web/es/index.jsp>

<http://www.apc.es/index.php>

<http://www.portcastello.com/>

<http://www.puertodeceuta.com/>

<http://www.apfsc.com/>

<http://www.puertogijon.es/>

<http://www.puertohuelva.com/>

<http://www.palmasport.es/00000/paginas/html/default.htm>

<http://www.apmotril.com/>

<http://www.puertopasajes.net/>

<http://www.puertosdetenerife.org/inicio.asp>



<http://www.puertasantander.es/cas/home.aspx>

<http://www.porttarragona.cat/>

[http://www.valenciaport.com/es-ES/Paginas/default\\_es\\_ES.aspx](http://www.valenciaport.com/es-ES/Paginas/default_es_ES.aspx)

<http://www.apvigo.com/>

<http://www.portovilagarcia.es/>

### DICIEMBRE 2013

Orden Ministerial del 14 de Julio de 1964 Boletín Oficial del Estado (BOE)

Convenio Internacional sobre el Arqueo de Buques año 1969

### ENERO 2013

*Guía Sanitaria a Bordo*; Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

<http://www.alfalaval.com/solution-finder/products/focus/Pages/FOCUS.aspx>

*Trabajo del embarque en el buque Don Fernando*; Profesor: Juan Antoni Moreno;

Alumno: Albert Peregrina

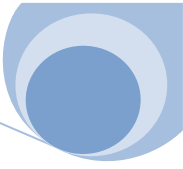
*Trabajo sobre los buques: Gala del Mar, SS Oceanic*; Profesor: Joan Antoni Moreno;

Alumno: David Cobos Sánchez

*Problemas de termodinámica técnica*; José Segura, Juan Rodríguez

Apuntes de la asignatura de Motores Marinos impartida en la Facultad de Náutica de Barcelona

Apuntes de Termodinámica y Termotecnia impartida en la Facultad de Náutica de Barcelona



### FEBRERO 2013

[http://www.weatheronline.co.uk/navegar/viento?LEVEL=77&LANG=es&MENU=0&CO  
NT=aupa&MODELLTYP=sst&TIME=0&MN=gfs&CEL=C&SI=kph](http://www.weatheronline.co.uk/navegar/viento?LEVEL=77&LANG=es&MENU=0&CO<br/>NT=aupa&MODELLTYP=sst&TIME=0&MN=gfs&CEL=C&SI=kph)

<http://www.bombasbloch.com/>

[http://www.maquinariaspesadas.org/blog/150-manual-generadores-electricos-  
motores-caterpillar](http://www.maquinariaspesadas.org/blog/150-manual-generadores-electricos-<br/>motores-caterpillar)

<http://geoportal.mityc.es/hidrocarburos/eess/#>

### MARZO 2013

<http://spanish.alibaba.com/product-gs/fresh-water-generator-226750704.html>

[http://spanish.alibaba.com/product-gs/corrosion-resistant-sea-water-centrigugal-  
pump-555480968.html](http://spanish.alibaba.com/product-gs/corrosion-resistant-sea-water-centrigugal-<br/>pump-555480968.html)

[http://spanish.alibaba.com/product-gs/marine-boiler-hot-water-freshwater-  
circulating-pump-560791703.html](http://spanish.alibaba.com/product-gs/marine-boiler-hot-water-freshwater-<br/>circulating-pump-560791703.html)

<http://es.rs-online.com/web/p/tuberias-de-acero-inoxidable-no-roscado/2654952/>

